Physikalische Zeitschrift

No. 5. 1. Dezember 1902. 4. Jahrgang.
Redaktionsschluss für No. 6 am 3. Dezember 1902.

INHALT.

Originalmitteilungen:
L. Gorczyński, Kritische Bemerkungen zu den Dimensionssystemen der Physik. S. 153.
W. F. Magie, Die spezifische Wärme von Lösungen. III. Eine neue Form des Pfaundlerschen Kalorimeters. S. 156.
F. Harms, Notiz über die magnetische Drehung der Polarisationsebene in flüssigem Sauerstoff. S. 158.
L. Graetz, Über eigentümliche Strahlungserscheinungen. S. 160.
W. Kaufmann, Bemerkung zu der Arbeit von A. Maresca: „Über die Energie, welche von der oszillierenden Entladung eines Kondensators in leeren Röhren entwickelt wird". S. 161.
H. Ebert und P. Ewers, Über die dem Erdboden entstammende radioaktive Emanation. S. 162.

Zusammenfassende Bearbeitungen:
H. Goldschmidt, Aluminothermie. (I. Teil.) S. 166.

Besprechungen:
P. Duhem, Thermodynamik und Chemie. S. 171.
H. Helmholtz, Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge. S. 171.
V. A. Julius, Der Äther. S. 172.
M. G. Quesneville, Neue Theorie der Dispersion. S. 172.
J. Scheiner, Strahlung und Temperatur der Sonne. S. 172.
W. J. van Bebber, Anleitung zur Aufstellung von Wettervorhersagen. S. 174.
R. Börnstein, Schul-Wetterkarten. S. 174.
F. Rüdorff, Grundriss der Chemie. S. 174.
M. Wildermann, Jahrbuch der Naturwissenschaften 1901 bis 1902. S. 175.
W. Abendroth, Leitfaden der Physik mit Einschluss der einfachsten Lehren der mathematischen Geographie. S. 175.
E. H. Griffiths, Das mechanische Wärmeäquivalent. S. 175.

Personalien. S. 176.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Kritische Bemerkungen zu den Dimensionssystemen der Physik.

Von Ladislaus Gorczyński.

Nachdem in der Mechanik die Annahme dreier unabhängigen Grundeinheiten: Länge (L), Masse (M) und Zeit (T) zur Bildung des systematischen Dimensionssystems sich als genügend gezeigt hatte, übertrug man die für die Mechanik gültigen Annahmen ohne weiteres auf sämtliche physikalischen Grössen und ist dabei zu den Dimensionsformeln gelangt, die im historischen Gange der Physik so grosse Rolle zu spielen berufen waren.

Ich habe mich mit den Dimensionssystemen viel beschäftigt und mich darüber schon im J. 1899 gelegentlich geäussert; da diese Frage aber durch die letzten Arbeiten von Joubin[1]), Schreber[2]) u. a., sowie den neuerdings in dieser Zeitschrift erschienenen Aufsatz von N. Hesehus[3]) immer wieder auf der Tagesordnung der Wissenschaft steht, so erlaube ich mir meine Betrachtungen in dieser Hinsicht, wie sie in meiner letzten Mitteilung[4]) in der Warschauer Zeitschrift „Wiadomości matematyczne" (Mathematische Nachrichten) sich angegeben finden, vorzuführen.

Ich will im folgenden zeigen, dass die bisherigen Annahmen bei der Aufstellung der Dimensionsformeln der physikalischen Grössen willkürlich sind und mit den Forderungen, die hier zu stellen sind, im Widerspruch stehen.

Die Dimensionsformel irgend einer Grösse muss vor allem zwei Grundbedingungen Genüge leisten, nämlich:

Sie muss 1. eindeutig bestimmt werden und 2. die Abhängigkeit der gegebenen Grösse von allen Fundamentalgrössen, mit denen sie im Zusammenhange steht, völlig erschöpfen.

Daraus hat man zuerst zu schliessen, dass bei der Aufstellung der Dimensionsformeln der physikalischen Grössen nicht nur die Abhängigkeit von den Einheiten der Länge, Masse und Zeit, sondern auch die von allen unabhängigen Grössen, die die zu betrachtenden abgeleiteten Einheiten charakterisieren, mit in Betracht gezogen werden sollen. Zweitens, es können keineswegs zwei verschiedene Dimensionsformeln für eine und dieselbe Grösse bestehen, falls wir in beiden Fällen dieselben Grundeinheiten benutzen.

Diese zwei Anforderungen sind eben in den herrschenden physikalischen Masssystemen durchaus nicht erfüllt. Das erste Beispiel in diesem Sinne bietet uns die Wärmelehre dar.

A. Die Wärmelehre. Hier hat man sich stets bemüht, alle diesbezüglichen Grössen in Funktion von nur L, M, T auszudrücken, ungeachtet der Dimension der Temperatur, eines Begriffes, der hier als besonders charakteristisch zu bezeichnen ist. So z. B. finden wir in der bekannten Everettschen Sammlung „Units and physical Constants" folgende Dimensionsformel für Wärmeleitungsvermögen l

$$[l] = L^{-1}MT^{-1}.$$

Diese Dimensionsformel genügt aber nicht der oben angegebenen Forderung 2, weil sie die Abhängigkeit l von allen Fundamentalgrössen nicht erschöpfend darstellt. Indem wir

1) Journ. de phys. 1896, S. 398; 1897, S. 57.
2) Wied. Ann. **68**, 606, 1899.
3) Diese Zeitschrift **3**, 561—565, 1902.
4) Bd. V, 274—279, 1901; siehe auch „Fortschritte der Physik" (Halbmon. Litt.) 1, 86, 1902.

von der Gleichung

$$Q = c\, l\, At\, \frac{T_1 - T_2}{\delta},$$

(wo Q Wärmemenge, A Oberfläche der Wände, t Zeit, δ Dicke, T_1 und T_2 Temperaturen bedeutet) ausgehen und die Dimensionalität der Temperatur mit Θ bezeichnen, erhalten wir für l

$$[l] = LMT^{-3}\Theta^{-1}.$$

Analog bekommen wir für spezifische Wärme γ

$$[\gamma] = L^2 T^{-2} \Theta^{-1},$$

für Entropie s

$$[s] = L^2 T^{-2} M \Theta^{-1}$$

u. s. w.

B. Die Lehre von der Elektrizität und vom Magnetismus. In diesem Zweige der Physik sind noch mehr Unrichtigkeiten bei der Aufstellung der Dimensionsformeln, als in der Wärmelehre, zu verzeichnen. Zuerst hat man lange Zeit, ungeachtet des Einflusses des umgebenden Mediums auf elektrische und magnetische Erscheinungen, das Coulombsche Gesetz bezüglich der elektrischen (ε) bezw. magnetischen (m) Pole in der Form

$$F = \beta\, \frac{\varepsilon \varepsilon^1}{r^2}$$

geschrieben, wo man β für eine Konstante hielt, die man bei passender Wahl der Einheiten einfach gleich Eins setzen könne, wodurch sich die Dimensionsformel für elektrische bezw. magnetische Pole in Funktion von L, M, T sogleich ergab. Ein solches Verfahren zur Bestimmung der Dimensionalität ist aber in diesem Falle falsch und ganz unzulässig. Faktor β stellt keine Konstante dar, er ändert sich vielmehr mit dem Übergang von einem Medium zum anderen, so dass wir

$$\beta = C \cdot \frac{1}{K}$$

(in der analogen Gleichung für magnetische Pole würde statt $K : \mu$ stehen) setzen können. Hierin bedeutet schon C eine wirkliche Konstante, eine dimensionslose Zahl, deren numerischer Wert einzig und allein von der Wahl der Grundeinheiten abhängt und mit den Eigenschaften der umgebenden Medien nichts zu thun hat. Dagegen sind K[1]) und μ (elektrische bezw. magnetische Induktionsfähigkeit) die physikalischen Grössen sui generis, die von den drei mechanischen Grundeinheiten unabhängig sind und welche, ähnlich wie Temperatur in der Wärmelehre, als Fundamentalbegriffe in der Lehre von der Elektrizität und vom Magnetismus gelten müssen. Wir wollen die Dimensionalitäten der elektrischen (K) bezw. magnetischen (μ) Induktionsfähigkeit mit demselben Buchstaben K bezw. μ bezeichnen.

Auf Grund des Coulombschen Gesetzes und einiger anderer Beziehungen, die hier wohl nicht wiederholt zu werden brauchen, erhalten wir folgende zwei Systeme der Dimensionsformeln mit je vier Grundeinheiten (L, M, T, K bezw. L, M, T, μ):

$$\left\{\begin{array}{ll} [\varepsilon] & = L^{3/2} M^{1/2} T^{-1} K^{1/2} \\ [Ve] & = L^{1/2} M^{1/2} T^{-1} K^{-1/2} \\ [R] & = L^{-1} T K^{-1} \\ [i] & = L^{3/2} M^{1/2} T^{-2} K^{1/2} \text{ u. s. w.} \end{array}\right. \qquad \text{(I)}$$

$$\left\{\begin{array}{ll} [m] & = L^{3/2} M^{1/2} T^{-1} \mu^{1/2} \\ [Vm] & = L^{1/2} M^{1/2} T^{-1} \mu^{-1/2} \\ [Fm] & = L^{-1/2} M^{1/2} T^{-1} \mu^{-1/2} \text{ u. s. w.} \end{array}\right. \qquad \text{(II)}$$

(V-Potential, R Widerstand, i Stromstärke, F_m Intensität des magnetischen Feldes u. s. w.).

Man kann sich aber auf ein System beschränken, indem man nur K einführt; diese Verschmelzung des elektrischen und magnetischen Dimensionssystems (I) und (II) ist infolge enger Verwandtschaft dieser Arten von Erscheinungen, die dabei quantitativ in gesetzmässigen Formen dargestellt worden ist, ganz berechtigt und muss als experimentell gewonnenes Resultat gelten. Die gesuchte Beziehung zwischen K und μ erhalten wir z. B. mittels der Laplaceschen Gleichung

$$dF = c\, \frac{i\, m \sin \alpha\, dl}{r^2},$$

woraus sich

$$[\mu] = L^{-2} T^2 K^{-1}$$

ergiebt.

Führen wir das in (II) ein, so erhalten wir:

$$\begin{array}{ll} [\varepsilon] & = L^{3/2} M^{1/2} T^{-1} K^{1/2} \\ [m] & = L^{1/2} M^{1/2} K^{-1/2} \\ [Ve] & = L^{1/2} M^{1/2} T^{-1} K^{-1/2} \\ [Vm] & = L^{3/2} M^{1/2} T^{-2} K^{1/2} \\ [i] & = L^{3/2} M^{1/2} T^{-2} K^{1/2} \text{ u. s. w.} \end{array} \qquad \text{(III)}$$

Dieses System, das alle Grössen, die in der Lehre von der Elektrizität und vom Magnetismus vorkommen, umfasst, wollen wir magnetoelektrisches[1]) nennen.

Bezüglich der heutigen Dimensionssysteme der elektrischen und magnetischen Grössen kann man noch einen grösseren Einwurf erheben. Man pflegt gewöhnlich die Dimensionsformel

1) Ausser der elektrischen Induktionsfähigkeit K, der der Charakter einer unabhängigen physikalischen Grösse zukommt, könnte man eine dazugehörige Konstante, sog. „Dielektrizitätskonstante" einführen, die das Verhältnis der elektrischen Induktionsfähigkeiten eines beliebigen Mediums zu einem bestimmten, dessen Induktionsfähigkeit gleich Eins gesetzt ist, darstellt.

1) Auch im magnetoelektrischen Systeme kann man auf interessante und bemerkenswerte Relationen zwischen den Dimensionsformeln analoger Grössen hinweisen; so z. B. haben wir

$$\frac{[\varepsilon]}{[m]} = LT^{-1}K, \quad \frac{[Ve]}{[Vm]} = L^{-1}TK^{-1} \text{ u. s. w.}$$

einer und derselben elektrischen bezw. magnetischen Grösse in zwei Masssystemen (sog. elektrostatischen und elektromagnetischen) anzugeben; man spricht z. B. von der Dimensionsformel des magnetischen Poles auch in dem elektrostatischen Masssystem oder der elektrischen Kapazität im elektromagnetischen.

Solche Verdoppelung ist aber, ungeachtet des Umstandes, dass die Vergleichung der Dimensionsformeln in beiden Systemen und speziell das sog. „Verhältnis der Einheiten" eine sehr grosse Rolle in der Geschichte der Physik gespielt hat, von Grund aus unzulässig. Sie steht einfach im Widerspruch mit der Definition des Dimensionsbegriffes selbst, die seine Eindeutigkeit durchaus verlangt, und dabei ist hier ein logischer Widerspruch verborgen, da wir schon a priori zu behaupten recht haben, es könne keine physikalische Grösse sich z. B. in einem Falle proportional der 3/2, in zweitem der 1/2 Potenz der Längeneinheit ändern, wenn dabei alle Grundeinheiten stets dieselben bleiben.

Aus den Angaben der physikalischen Litteratur gewinnt man den Eindruck, dass die Frage, wie eine und dieselbe Grösse bei denselben Grundeinheiten zweifache Dimensionalitäten haben könnte, schon lange manchen grosse Schwierigkeiten des Verständnisses bot. Den besten Beweis dafür liefert die Erklärung Jouberts[1]), der, die Einwürfe zu widerlegen, sich mit folgendem Vergleich bemüht hatte. Wir citieren seine eigenen Worte:

„Quelques personnes éprouvent une certaine difficulté à comprendre que deux unités, relatives à une même quantité peuvent être de dimensions et par suite d'espèces différentes. Qu'on me permette, à leur usage, une comparaison très simple. Quand, à la campagne, vous demandez la distance d'un point determiné, si le cartonnier vous répond 8 km, le paysan vous dit deux heures, le premier employant comme unité une longueur, et le second, un temps: la relation qui lie les deux unités est la même que celle qui unit l'unité d'électricité électrostatique à l'unité électromagnétique, la vitesse du piéton dans le premier cas joue le même rôle que la vitesse de la lumière dans le second."

Diese Erklärung, obgleich sie überzeugend zu sein scheint, ist aber falsch und kann auf unsere Frage nicht angewendet werden. Solange die Dimensionsformeln der elektrischen und magnetischen Grössen in Funktion von ein und denselben mechanischen Einheiten L, M, T ausgedrückt wurden, kann von einer Verdoppelung des Dimensionssystems keine Rede sein; im Joubertschen Beispiel ist in einem Falle nur Länge, im zweiten nur Zeit als Ausgangspunkt gewählt, so dass deshalb die Übertragung dieses Beispiels auf die Dimensionsformeln des elektrostatischen und elektromagnetischen Masssystems, wo die Grundeinheiten stets dieselben (L, M, T) bleiben, ganz unzulässig erscheint. Für eine bestimmte physikalische Grösse kann eine zweite Dimensionsformel nur dann erhalten werden, wenn die Grundeinheiten dabei anders gewählt sind; so z. B. bei den Einheiten L, M, T haben wir für Kraft $(F) = MLT^{-2}$, während bei den Einheiten L, T und E (Energie) $[F] = EL^{-1}$ u. s. w.

Zum Schlusse unserer kritischen Betrachtungen über die Dimensionssysteme der heutigen Physik wollen wir einige Angaben aus der Litteratur des letzten Jahrzehnts anführen, die zu Gunsten der Einführung neuer Faktoren in die physikalischen Masssysteme sprechen. Man kann hier sogar sagen, dass, ausgenommen die Verdoppelung der Dimensionssysteme der elektrischen und magnetischen Grössen, deren Falschheit sich nie deutlich ausgesprochen findet, die von uns oben angegebenen Dimensionssysteme prinzipiell nicht neu sind, und dass überhaupt die Frage, ob die Einheiten sämtlicher physikalischen Grössen durch die Einheiten von Länge, Masse und Zeit auszudrücken seien, schon ziemlich allgemein im negativen Sinne beantwortet worden ist.

In der Wärmelehre wird entsprechend der von Masse, Länge und Zeit unabhängigen Definition der Temperatur nach Lord Kelvin, eine besondere unabhängige Stellung der Temperatur und eo ipso eine Dimensionalität der letzteren zuerkannt. Ich habe schon in dem bereits im Jahre 1890 erschienenen Werke von Professor Lad. Natanson „Wstep do fizyki teoretycznej" (Einleitung in die theoretische Physik)[1]), wo die Thermodynamik eingehend behandelt ist, die Dimensionsgleichung für Entropie in der Form

$$[s] = ML^2T^{-2}\Theta^{-1},$$

wo Θ, wie früher, die Dimensionalität der Temperatur bedeutet, angegeben gefunden.

In Anbetracht der Dimensionssysteme der elektrischen und magnetischen Grössen sind hier zuerst die Betrachtungen Jouberts zu verzeichnen. Am Anfange seines Aufsatzes im Journal de Physique[2]) hebt er deutlich hervor, dass „rien n'indique a priori que les grandeurs électriques et magnétiques puissent s'exprimer exclusivement au moyen des unités mécaniques, c'est-à-dire que ces phénomènes soient des manifestations des propriétés purement mécaniques d'un milieu"; demzufolge spricht er auch die Notwendigkeit der Einführung der Induk-

1) Journal de Physique, S. 277, 1882.

1) Warschau, 1890. Verlag der physikalisch-mathematischen Abhandlungen.

2) Bd. V, S. 398—401, 1896. Sur les dimensions des grandeurs électriques et magnétiques.

tionsfähigkeiten K und μ aus. Dessenungeachtet geht er aber weiter von der Hypothese aus, dass sich doch die elektrischen und magnetischen Grössen auf ausschliesslich mechanische Grundeinheiten zurückführen lassen, wozu man nur die Dimensionalitäten von K und μ in Funktion von L, M, T aufzusuchen braucht. Von den Annahmen, die ihn dazu führen, genügt es aber zu sagen, dass sie physikalisch ganz willkürlich sind.

Feste Ideen in dieser Frage hat Schreber verfolgt. In der Abhandlung, die in Annalen der Physik im Jahre 1899 (Bd. 68, S. 606) erschienen ist, kommt er nach Überlegung zum endgültigen Resultate, dass sich die Einheiten der elektrischen und magnetischen Grössen nicht durch die Einheiten von Masse, Länge und Zeit allein darstellen lassen. Nachdem Herr Schreber die Dimensionssysteme in der Form, die der unsrigen ganz entspricht, aufgestellt, lehnt er alle Versuche ab, die Dimensionsformeln für K und μ in Funktion von drei mechanischen Grundeinheiten aufzustellen. Diese richtige Stellung Schrebers verdient wohl hier ausdrücklich betont zu werden.

Eine ganz den Schreberschen Schlussfolgerungen entgegengesetzte Stellung nimmt neuerdings Herr N. Hesehus ein. In seinem Aufsatze in dieser Zeitschrift (**3**, 561, 1902) versucht er, nachdem er die Dimensionssysteme von Schreber vorgeführt, verschiedene Umstände anzugeben, die seiner Ansicht nach zu Gunsten der Zurückführung der elektrischen und magnetischen Einheiten auf die drei mechanischen Grundeinheiten sprechen. Wir beschränken uns auf die Betrachtungen, die N. Hesehus vorführt, nur folgendes geltend zu machen:

a) Die Behauptung, „dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit v der elektromagnetischen Störungen, ebenso wie diejenige anderer Störungen mit der Elastizität (e) und der Dichte (d) des Mediums im Zusammenhang stehen muss, dass nämlich

$$v = \sqrt{e : d}$$

ist," ist ganz willkürlich und bedeutet nichts weiter als eine weitgehende Extrapolation, die physikalisch unbegründet ist;

b) der Proportionalitätsfaktor im Laplaceschen Gesetze (das. a. a. O. [S. 563] in der Form $F = \delta \frac{mi\lambda}{r^2}$ geschrieben ist) ist schon im voraus als eine dimensionslose Zahl, als eine numerische Konstante zu betrachten, da die Abhängigkeit von den Eigenschaften des Mediums schon in m und i als enthalten anzusehen ist. Ganz anders stellt sich die Sache dar mit der Coulombschen Gleichung, wenn man sie, wie N. Hesehus thut (a. a. O. 563), in der Form $F = \beta \frac{mm'}{r^2}$ schreibt. Hierin bedeutet β keine Konstante, sie ändert sich mit dem Übergang von einem Medium zum anderen, ein Beweis dafür, dass in diesem Falle die gesetzmässige Abhängigkeit nicht erschöpfend dargestellt ist. Wie man aber aus der Annahme, δ sei eine Konstante, folgern kann, dass die Zurückführung der elektrischen und magnetischen Grössen auf mechanische begründet ist (S. 564), bleibt mir völlig unverständlich.

Im vorstehenden glaube ich genügend gezeigt zu haben, dass es in den heutzutage herrschenden Dimensionssystemen viel Unklarheiten und Missverständnisse giebt und dass sie einer vollständigen Revision durchaus bedürfen. Ich würde glücklich sein, wenn meine Betrachtungen dazu beitragen sollten, unter den Physikern das Interesse zur Richtigstellung der Dimensionssysteme zu erhöhen, um in dieser Frage allgemein ins klare zu kommen.

Warschau, im September 1902.

(Eingegangen 1. Oktober 1902.)

Die spezifische Wärme von Lösungen. III.[1]) Eine neue Form des Pfaundlerschen Kalorimeters.[2])

Von William Francis Magie.

Das in vorliegender Mitteilung beschriebene Kalorimeter wurde zur Untersuchung der spezifischen Wärme von Lösungen konstruiert. Die allgemeine Anlage des Instruments ist die zuerst von Pfaundler vorgeschlagene. Die Untersuchungs- und die Normalflüssigkeit sind in zwei gleichartigen Gefässen enthalten und werden durch denselben elektrischen Strom in zwei Rollen von gleichem Widerstande erwärmt. Die spezifische Wärme wird dann aus der Beobachtung der Temperaturzunahme in beiden Gefässen bestimmt. Bei der Untersuchung von Lösungen wählt man das Lösungsmittel als Normalflüssigkeit. Dann ist es möglich, gerade solche Mengen Lösung und Normalflüssigkeit zu benutzen, dass die Temperaturerhöhung in beiden Gefässen nahezu dieselbe ist. Wenn dies der Fall ist, so sind die bei den meisten kalorimetrischen Untersuchungen wichtigsten Korrektionen, nämlich diejenige, die sich auf das Wasseräquivalent des Kalorimeters bezieht und die, welche durch die stattfindende Ausstrahlung bedingt wird, so gut wie eliminiert, wenn nur beide Gefässe, was Masse, Form und Charakter der Oberfläche anbelangt, gleichartig sind.

Diese Vorteile vorliegender Kalorimeterform

1) No. II: Diese Zeitschrift **3**, 21, 1901.

2) Ausführlich in The Physical Review, Vol. XIV, No. 4, April 1902.

sind von Stroud und Gee richtig erkannt worden; dieselben haben ein Instrument angegeben, das mit dem des Verfassers im Prinzip identisch ist.

Was die Einzelheiten des Instruments anbelangt, so wird der Leser auf die Originalarbeit verwiesen. Nur auf einige Besonderheiten seiner Konstruktion möchte ich aufmerksam machen.

Die Gefässe, sowie die Flügel, mit denen die Flüssigkeiten gerührt werden, bestehen aus Silber; die einzelnen Teile der Flügel sind ohne Lötung miteinander verbunden. Die Flügel drehen sich in aus Glasröhen bestehenden Haltern, welche von den Deckeln getragen werden und sich ausserhalb der Flüssigkeit befinden. Auf diese Weise wird die Erzeugung von Wärme infolge von elektrolytischen Wirkungen vermieden und ist die einzige in den Flüssigkeiten durch Rotation der Flügel hervorgerufene Wärme die, welche notwendigerweise durch das Rühren hervorgebracht wird. Letztere wird in beiden gleichgemacht, und zwar durch Anwendung ähnlicher Rührschaufeln und dadurch, dass man diese mit gleicher Geschwindigkeit dreht.

Die Spulen, durch die der Heizstrom für die Flüssigkeiten hindurchgeht, sind aus Westonschem Neusilberdraht; ihr Temperaturkoeffizient ist so klein, dass er vernachlässigt werden kann. Ihre Widerstände werden mit Hilfe der Carey-Josterschen Brücke ausgeglichen. Sie werden isoliert, indem man sie zunächst mit einer Lage Asphaltlack und dann mit einer Ozokeritschicht überzieht.

Verdampfen der Flüssigkeiten und damit verbundene Wärmeverluste werden in der Weise vermieden, dass man die Gefässe mit Deckeln versieht, welche auch als Träger der Rührflügel, der Heizspulen und der Thermometer dienen.

Durch Anwendung dieser Deckel hat man die Genauigkeit der Messungen ganz bedeutend gesteigert.

Die Thermometer sind von Fuess hergestellt und in Fünfzigstel Grade geteilt. Mit Hilfe des Mikroskops kann man schätzungsweise noch die Tausendstel Grade ablesen. Vor der Ablesung werden sie kräftig mit kleinen Korkhämmern geklopft, welche durch Elektromagnete betrieben werden. Es ist eine Eigenart vorliegender Methode, dass die Korrektionen der Thermometer mit Bezug auf ein Normalthermometer nicht genau bekannt zu sein brauchen. Nur das eine ist nötig, dass man beide Instrumente untereinander vergleicht. Um dies auszuführen, setzte man sie beide in dasselbe Gefäss und stellte bei verschiedenen Temperaturen Beobachtungen an. Da der Vergleich bei der experimentellen Anordnung angestellt wird, so sind im Resultat auch die Korrektionen mit Bezug auf das Freibleiben des Stiels und die Gangverzögerung mit enthalten.

Daneben wird auch noch für Kühlgefässe gesorgt, die zum Teil mit zerstampftem Eis angefüllt sind und in die man die Kalorimetergefässe setzt, um sie auf irgend eine beliebige Anfangstemperatur abzukühlen.

Der Gang der Beobachtungen ist wie folgt: Die Schalen werden gewöhnlich mit 700 gr Wasser und der entsprechenden Lösungsmenge gefüllt und in die Kühler gesetzt, bis die Temperatur auf etwa 5° unterhalb der Zimmertemperatur (d. h. auf 15°) sinkt. Dann werden sie trocken gewischt und die Temperaturen eventuell durch Erwärmung in der Hand so abgepasst, dass sie nahezu gleich sind, worauf man sie einsetzt. Beim Beginn einer Minute werden die Klopfer in Gang gesetzt und wird mit dem Rühren begonnen. Das Rühren wird zwanzig Sekunden lang in der einen und ebensolange in der anderen Richtung fortgesetzt. Man lässt dann die Klopfer noch weitere fünf Sekunden arbeiten, hält sie darauf an und liest ab. Dieses Verfahren wird gewöhnlich zweimal und öfter wiederholt, wenn die Ablesungsdifferenzen der beiden Thermometer auf einen Gang deuten. Beim Beginn einer Minute schickt man, nach Ausführung der letzten Ablesung, den Strom in die Heizspulen und lässt ihn gewöhnlich sechs Minuten lang hindurchgehen; bei dem benutzten Strom beträgt dann die Temperaturerhöhung etwa 10°. Während dieser Zeit fährt man mit dem Rühren fort und ändert am Schlusse jeder Minute dessen Richtung. Nach Verlauf von sechs Minuten öffnet man den Strom, setzt die Klopfer in Gang und liest wie früher ab. Es ist dann nur noch aus den durchschnittlichen Temperaturdifferenzen der wahrscheinlichste Wert für die Temperaturerhöhung in beiden Schalen zu bestimmen und die spezifische Wärme s' der Lösung direkt aus der Formel

$$s' = \frac{m\, s\, \vartheta}{m'\, \vartheta'}$$

zu berechnen. Die Schalen können darauf wieder abgekühlt und eine weitere Beobachtung angestellt werden. Eine derartige Beobachtung kann in zwanzig Minuten oder nur wenig längerer Zeit erledigt sein.

Wenn die Temperaturerhöhung in beiden Gefässen etwa gleich ist, kann die Korrektion mit Bezug auf Ausstrahlung vernachlässigt werden, wie man aus dem Umstande ersieht, dass die Ablesungsänderungen bei beiden Thermometern dieselben sind. In diesem Falle kann man auch von einer Korrektion wegen

des Wasseräquivalents des Kalorimeters absehen.

Ein Vorteil dieser Kalorimeterform ist es, dass ihr Gang in der Weise sich kontrollieren lässt, dass man in beiden Schalen gleiche Mengen Wasser verwendet. Wenn die Wasseräquivalente und Strahlungsverluste für beide dieselben sind, muss das Verhältnis der beobachteten Temperaturveränderungen gleich der Einheit sein. Folgende Zahlen geben die Verhältnisse der Temperaturveränderungen in beiden Gefässen an:

	0.99987	1.00005
	0.99974	1.00004
	1.00004	0.99995
	1.00030	
	0.99963	1.00002
	0.99991	1.00030
Mittel:	0.99992	1.00007

Das Mittel beider Reihen ist 0.99999 und zeigt, dass die Korrektion wegen Differenz der Wasseräquivalente zu vernachlässigen ist. Bei diesen Beobachtungen betrug die Temperaturerhöhung über 10^0. Eine andere Beobachtungsreihe, bei der die Temperaturerhöhung ungefähr 3.5^0 betrug, ergab ähnliche Resultate.

Die folgenden Tabellen geben ein Bild von dem gewöhnlichen Funktionieren des Kalorimeters. Dieselben enthalten in der ersten Reihe die Verhältnisse der Temperaturveränderungen in beiden Gefässen, wenn das eine Wasser und das andere eine Lösung Milchzucker enthält. Die Formen des Milchzuckers und die Lösungsmengen, die in beiden Fällen zur Anwendung kamen, waren verschieden. Die Zahlen in der zweiten Kolumne sind die scheinbaren Molekularwärmen der Milchzucker, berechnet aus den Beobachtungsergebnissen.

	1.			2.	
	0.9978	146		0.9998	145
	0.9979	146		0.9999	146
	0.9986	149		1.0000	149
	0.9982	147		0.9997	145
	0.9978	146		0.9995	144
	0.9981	147		0.9999	146
	0.9983	148		1.0003	147
				1.0003	147
				1.0000	146
Mittel:	0.9981	147	Mittel:	0.9999	146

Nachtrag.

Verfasser hat dieses Kalorimeter zur Bestimmung von Molekularwärmen fester Körper verwandt, welche, wie z. B. Zuckerarten etc., sich zu feinem Pulver zermahlen lassen. Die Gefässe waren mit Anilin (oder Nitrobenzol) in geeigneten Mengen gefüllt, und der pulverisierte feste Körper wurde in das eine hineingebracht. Durch Drehen der Rührschaufeln erzielte man eine gründliche Verteilung des Pulvers, und die angestellten Beobachtungen zeigten, dass dasselbe schnell und genau die Temperatur der Flüssigkeit annahm. Die Abweichungen der einzelnen Resultate vom Mittelwerte waren ungefähr ebenso gross, wie die bei den in obigen Tabellen gegebenen Molekularwärmen beobachteten.

Universität Princeton, U. S. A.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 20. Oktober 1902.)

Notiz über die magnetische Drehung der Polarisationsebene in flüssigem Sauerstoff.

Von F. Harms.

Kundt[1]) und du Bois[2]) haben gezeigt, dass die stark magnetischen Metalle *Fe, Co, Ni* auch eine starke magnetische Drehung der Polarisationsebene aufweisen. Der magnetische Sauerstoff besitzt in gasförmigem Zustand die kleinste gemessene Verdetsche Konstante, die stark magnetischen Lösungen von $FeCl_3$ haben negative Verdetsche Konstanten. Ein einfacher Zusammenhang zwischen dem magnetischen und magneto-optischen Verhalten besteht offenbar nicht. Es bot deshalb einiges Interesse, den stark magnetischen flüssigen Sauerstoff zu untersuchen. Die Susceptibilität des flüssigen Sauerstoffs ist nach Messungen von Fleming und Dewar[3]) 228×10^{-6}, d. h. etwa viermal grösser als bei wässerigen $FeCl_3$-Lösungen.

Auf Veranlassung von Herrn Prof. Wien habe ich darum versucht, die Verdetsche Konstante für flüssigen Sauerstoff zu bestimmen. Da es zunächst nur darauf ankam, ihre Grössenordnung festzustellen, so wurde

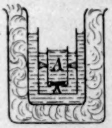

Fig. 1.

folgende Versuchsanordnung gewählt: Der einer Bombe entnommene Sauerstoff wurde mit Hilfe von flüssiger Luft verflüssigt und in ein cylindrisches Messinggefäss (Höhe 66 mm) *A* filtriert, das durch mehrfache Bäder von flüssiger Luft unterhalb der Siedetemperatur des Sauerstoffs gehalten wurde, die Oberfläche des flüssigen Sauerstoffs war dann ganz ruhig.

1) Wied. Ann. **23**, 228, 1884; **27**, 191, 1886.
2) Wied. Ann. **31**, 941, 1887.
3) Proc. Roy. Soc. **60**, 292, 1896.

Auf dem Boden des Gefässes A lag ein Silberspiegel (Glas mit Oberbelag), an dem das senkrecht einfallende Licht wieder nach oben reflektiert wurde. Zur Beobachtung der Drehung im Magnetfelde wurde die in Fig. 2 skizzierte An-

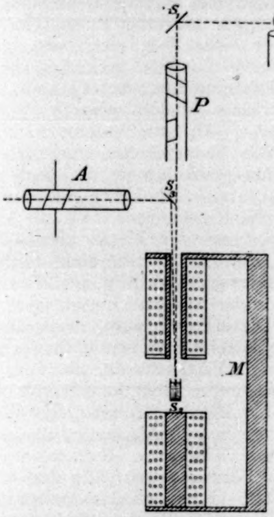

Fig. 2.

ordnung benutzt. $s_1\,s_2\,s_3$ sind 3 Spiegel, M ist ein Ruhmkorffscher Elektromagnet; PA sind Teile eines grossen Halbschattenapparates. Als Lichtquelle diente ein Auerbrenner. Die Beobachtungen waren wegen unvermeidlicher Schlieren- und Nebelbildung sehr schwierig; die Einzelwerte wichen häufig um Zehntelgrade voneinander ab. Als Beispiel mag eine Beobachtungsreihe von mittlerer Güte in Sauerstoff (bei 30 Ampere) dienen.

Die Einstellungen beim Kommutieren waren

	56,7	54,2
	56,2	53,6
	56,8	54,0
	56,6	54,1
Mittel	56,6	54,0

Doppelter Drehungswinkel $2{,}6^0$.

Zur Eichung wurde dasselbe Gefäss mit Benzol und Schwefelkohlenstoff gefüllt, dann ergab sich für das Verhältnis der Drehung in C_6H_6 zu der in CS_2 der Wert 0,76, während er aus den Tabellen von Landolt und Börnstein sich zu 0,725 berechnet. Der Unterschied liegt innerhalb der Beobachtungsfehler der Messungen mit dem improvisierten Apparat. Es ergaben sich als Mittelwerte aus einer grösseren Anzahl von Beobachtungen

Die Drehungen in	20 Amp.	30 Amp.	46 Amp.
O_2	2,14	2,63	$3{,}75^0$
C_6H_6	7,67	9,70	15,05
CS_2	10,0	13,07	19,43

Das Verhältnis $\frac{\alpha_{O_2}\text{ flüssig}}{\alpha_{CS_2}}$ ergiebt sich daraus als 0,20 mit einem möglichen Fehler von etwa 10%.

Bedeutet n den optischen Brechungsquotienten, so ist nach H. Becquerel[1]) für eine Substanz der Ausdruck $\frac{\alpha}{\alpha_{cs_2}} \frac{1}{n^2(n^2-1)} = k$ konstant. Bichat[2]) hat an CS_2 und SO_2 nachgewiesen, dass die Becquerelsche Formel den flüssigen und gasförmigen Zustand umfasst. Demnach würde man $\frac{\alpha_{O_2}\text{ fl.}}{\alpha^{cs_2}}$ aus dem für gasförmigen O_2 gefundenen Werte berechnen können. Es ist bei 760 mm und 0^0 $\frac{\alpha_{O_2}}{\alpha_{cs_2}} = 1{,}28 \times 10^{-4}$ [3]) n gasf. $= 1{,}00027$ n fl. $= 1{,}22.$[4]) Dann ergiebt sich:

$$\frac{\alpha_{O_2}\text{ fl}}{\alpha_{cs_2}} = 1{,}28 \times 10^{-4} \; \frac{1{,}49 \times 0{,}49}{1 \times 0{,}00055} = 0{,}18.$$

Dieser Wert stimmt mit dem beobachteten (0,20) innerhalb der Beobachtungsfehler überein.

Zum Schluss möge noch eine von du Bois[5]) aufgestellte Tabelle im Auszug mit einigen Zusätzen mitgeteilt werden: $\varkappa$ ist die magnetische Susceptibilität, ω die Verdetsche Konstante in C.G.S.-Einheiten, $\Psi = \frac{\omega}{\varkappa}$ für schwach magnetische Körper, $\Psi = \omega\,\frac{1+4\pi\varkappa}{\varkappa}$ für stark magnetische Substanzen. (du Bois, l. c.)

	$\varkappa \times 10^5$	$\omega \times 10^5$	Ψ
Fe	—	—	+ 2,63
Ni	—	—	+ 3,15
Co	—	—	+ 3,99
O_2 flüssig . . .	+22,8[6])	+0,24	+ 0,011
$FeCl_3$ 40 Proz. .	+ 6,4[7])	−2,4[7])	− 0,38
O_2 1 atm. . . .	+ 0,0126	+0,000179	+ 0,014
C_2H_5OH . . .	− 0,0566	+0,330	− 5,8
H_2O	− 0,0694	+0,377	− 5,4
CS_2	− 0,0716	+1,222	−17,1

1) Ann. de Chim. et de Phys. **12**, 5, 1877.
2) Journ. de Phys. **9**, 275, 1880.
3) Mittelwert nach Kundt u. Röntgen ($1{,}09 \times 10^{-4}$), W. A. **10**, 257, 1880 und H. Becquerel ($1{,}47 \times 10^{-4}$), Wiedemann, Elektrizität **3**, 942.
4) Liveing u. Dewar, Chem. News **72**, 154, 1895; Bbl. **20**, 193, 1896.
5) l. c., S. 970.
6) Fleming u. Dewar, Proc. Roy. Soc. **60**, 292, 1896.
7) Aus den entsprechenden Kapiteln in Wiedemann, Elektrizität III.

Irgend eine Regelmässigkeit lässt die Tabelle nicht erkennen.

Würzburg, physikalisches Institut, Nov. 1902

(Eingegangen 5. November 1902.)

Über eigentümliche Strahlungserscheinungen.

Von L. Graetz.

Die vielfachen Beobachtungen über Schwärzung von photographischen Platten im Dunklen unter der Einwirkung von gewissen Metallen und organischen Körpern, sind von Herrn J. W. Russell[1]) auf ein gemeinsames Prinzip zurückgeführt worden, nämlich auf die Wirkung des Wasserstoffsuperoxyds, der schon in geringen Mengen Platten, die sich in seiner Nähe befinden, derartig affiziert, dass sie nach der Entwickelung lebhaft geschwärzt erscheinen. Russell hat weiter gezeigt, dass diese Wirkung des H_2O_2 auch durch eine Anzahl von festen und flüssigen Körpern hindurchgeht, nämlich durch Gelatine, Celluloid, Guttapercha, Ebonit, Kampher, Äther, Äthylacetat, Chloroform, Benzin, Petroleum. Trotzdem hält er diese Wirkung nicht für eine Strahlung in dem gewöhnlichen Sinne, sondern für eine Wirkung, die sich durch Weiterbildung des H_2O_2 vermittelst des in den Körpern enthaltenen Wassers oder Kamphers weiter fortpflanzt.

Gegen diese Erklärung sprechen indes verschiedene Thatsachen. Zunächst geht die Wirkung auch durch Metalle in dünnen Schichten, Blattgold und Aluminiumfolie, hindurch. Dies gilt für gewöhnlich als ein Zeichen einer Strahlung. Dass es ferner nicht die Dämpfe des H_2O_2 sind, welche diese Wirkung hervorbringen, lässt sich dadurch beweisen, dass man den photographischen Effekt auch erhält, wenn man die Dämpfe durch einen Luftstrom möglichst fortbläst. Auch der Sauerstoff, der aus H_2O_2 aufsteigt, ist nicht die Ursache. Dessen Wirkung sieht man, nach Entwickelung der Platte, direkt an intensiv schwarzen Punkten, welche sich von der eigentlichen Schwärzung abheben. Durch Zwischenschalten von Gelatine kann man diese abhalten. Die eigentliche Schwärzung scheint auf der Aussendung irgend welcher Teilchen von unbekannter Beschaffenheit zu beruhen, welche durch den Luftstrom hindurchgehen. Diese sind allerdings sicher nicht die negativen Elektronen. Übrigens ist die Fortpflanzung der Wirkung insofern eine geradlinige, als man von undurchdringlichen Gegenständen, die auf der Platte liegen, scharfe Bilder erhält. Wickelt man die Platte in mehrere Lagen schwarzen Papiers, so findet man die Falten der einzelnen Lagen auf der Platte abgebildet. Man kann daher wohl von H_2O_2-Strahlen sprechen. Die weitere Ausbreitung der Strahlen ist allerdings eine diffuse. Eine regelmässige Reflexion von Glas- oder Metallspiegeln findet nicht statt.

Eine ganz besonders auffallende Erscheinung aber erhält man bei folgendem Versuch, auf den mich, in weniger einfacher Form, Herr General von Branca, der sich viel mit den photographischen Wirkungen des H_2O_2 beschäftigt hat, aufmerksam machte. Setzt man in absoluter Dunkelheit eine photographische Platte den Strahlen des H_2O_2 aus, indem man, wie gewöhnlich, die Schichtseite einige Centimeter über die Flüssigkeit bringt, und legt man nun auf die Glasseite ein beliebig geformtes Metallstück, etwa ein Kupferkreuz, so findet man nach der Entwickelung der Platte eine Abbildung des Metalls, obwohl dasselbe nicht in dem Weg der Strahlen war. Das Bild erscheint hell auf dunklem Grunde. Es ist schwach, aber deutlich zu sehen. Diese Erscheinung möge als Rückabbildung bezeichnet werden, da sie eine Abbildung von der Rückseite der photographischen Platte her darstellt. Man kann sogar zwischen das Glas der Platte und das Metall andere Körper dazwischen schieben, ohne dass die Rückabbildung aufhört. Schwarzes Einwickelpapier oder Filtrierpapier, eine dünne Ebonitplatte oder eine Holzplatte dazwischen gebracht, stören die Erscheinung nicht. Eine dünne Asbestplatte, zwischen Metall und Glas gelegt, lässt das Metall noch deutlich sich abbilden. Die Wirkung geht auch durch eine dazwischen gelegte zweite photographische Platte, ob belichtet oder nicht, hindurch. Flüssigkeiten hindern die Rückabbildung nicht, sondern sie bringen sie zum Teil besonders deutlich zum Vorschein. Tränkt man Fliesspapier mit verschiedenen Flüssigkeiten, Wasser, Alkohol, Ammoniak, Petroleum, Terpentinöl, Salzlösungen, legt sie auf das Glas der Platte und auf sie das Metallkreuz, so bildet es sich stets durch die getränkten Papiere hindurch deutlich ab. Vergleicht man die verschiedenen Flüssigkeiten in Bezug auf ihre Wirksamkeit, indem man die Glasseite der Platte zur Hälfte mit der einen, zur Hälfte mit der andern Flüssigkeit bedeckt und das Metallstück auf beide legt, so zeigt sich zunächst, dass, auch abgesehen von der Metallabbildung, die Platte in den beiden Hälften merklich verschieden stark geschwärzt wird. So ergab Wasser grössere Dunkelheit als das freie Glas, Salzlösungen schienen etwas grössere, Petroleum und Terpentinöl etwas geringere Dunkelheit hervorzubringen als Wasser, Alkohol weit stärkere, am dunkelsten wurde die Platte, wenn das auf der Glasseite liegende Papier mit Ammoniak getränkt war. Zugleich erschien dabei das Kupferkreuz sehr hell. Unter Umständen wurde bei zwei

1) J. W. Russell, Proc. Roy. Soc. **64**, 409, 1899.

verschiedenen Flüssigkeiten die Abbildung des Metalls auf der einen Hälfte gerade umgekehrt. Es erschien schwarz statt hell. Bei einer Platte z. B., die zur Hälfte mit Ammoniak zur Hälfte mit Zinksulfat bedeckt war, während ein Metallstück auf beiden Flüssigkeiten lag, zeigte sich das Metall unter dem Ammoniak hell auf dunklem Grunde abgebildet, unter dem Zinksulfat dagegen dunkel auf hellem Grunde.

Die Flüssigkeiten, auf das Glas der Platte gebracht, erzeugen danach je nach ihrer Natur grössere oder geringere Verdunkelung. Das zeigt sich deutlich durch folgenden Versuch. Wenn man auf die Glasseite der Platte vor der Exposition mit einem in Wasser oder Ammoniak getränkten Hölzchen Figuren aufzeichnet, so bilden diese sich nach der Entwickelung dunkel, etwas diffus ab. Durch die bekannten Strahlungsarten kann man diese Wirkung nicht hervorbringen.

Die Metallbilder sind stets in der Mitte dunkler als am Rande, so dass die Rückabbildung wesentlich vom Rande aus zu gehen scheint. Die Randwirkung tritt nicht bloss auf, wenn die Metalle auf feuchtem Papier, sondern auch, wenn sie auf dem blossen Glas liegen.

Nichtmetallische Körper, Ebonit, Paraffin, Schwefel, Kautschuk, auf das Glas gelegt, zeigen keine Abbildung. Bringt man sie aber auf getränktes Papier, so geben auch sie eine schwach sichtbare Aufhellung, die viel geringer ist als die der Metalle.

Verschiedene Metalle zeigen beim Vergleich keine merklichen Unterschiede in der Helligkeit der Bilder. Wenn man aber die Metalle auf getränktes Papier legt, so findet man unter Umständen ganz erhebliche Differenzen. Es zeigt sich, dass immer, wenn ein chemischer Angriff zwischen Metall und Flüssigkeit stattfindet, das Metall ganz besonders hell durch Rückabbildung erscheint. Es gelingt auf diese Weise, chemische Prozesse selbstthätig photographisch abzubilden.

Fluoreszenz- und Phosphoreszenzerscheinungen, sowie elektrische Wirkungen wurden auf die verschiedensten Arten gesucht, ergaben sich aber nicht. Von den bekannten Erscheinungen kommt nur die Wärme in Betracht und diese hat in der That den grössten Einfluss auf die Vorgänge. Obwohl es sich, wie direkte Messungen mit einem Thermoelement zeigten, hier nur um Temperaturdifferenzen zwischen den einzelnen Stellen der Schicht handelt, die unter $0{,}01^0$ bis $0{,}02^0$ Grad betragen, genügen doch diese Differenzen bereits, um verschiedene Affizierung der Platte hervorzubringen. Und zwar wird die Platte an denjenigen Stellen stärker affiziert, also nach der Entwickelung dunkler, welche die tiefere Temperatur haben, heller auf den wärmeren. Es bilden also diese Erscheinungen ein äusserst feines Reagens auf den verschiedenen Temperaturzustand der Platte, die erhaltenen Abbildungen sind direkte Thermophotographien. Es gründet sich darauf unter andern die Möglichkeit, das ultrarote Spektrum ziemlich weit photographisch abzubilden, worüber Versuche im Gange sind.

Die angeführten Versuche gelingen mit dem käuflichen (3%) H_2O_2, jedoch sind nicht alle Platten gleich geeignet. Die besten Resultate wurden mit den Platten der Aktiengesellschaft für Anilin-Fabrikation in Berlin erzielt. Am wenigsten geeignet erwiesen sich die Lumièreplatten.

Über die Träger dieser Erscheinung können bisher nur negative Angaben gemacht werden. Die direkte Wirkung der Dämpfe des H_2O_2, ferner des Sauerstoffs und des Ozons sowie des Wasserstoffs scheint ausgeschlossen; der Mangel elektrischer Wirkungen scheint die negativen Ionen auszuschalten, die enorme Abhängigkeit der Wirkung von der Temperatur ist bei keiner sonstigen Strahlungsart vorhanden, so dass die eigentlichen Träger dieser Strahlung oder Emanation bisher noch unbekannt sind.

München, 5. November 1902.

(Eingegangen 6. November 1902.)

Bemerkung zu der Arbeit von A. Maresca: „Über die Energie, welche von der oszillierenden Entladung eines Kondensators in leeren Röhren entwickelt wird".

Von W. Kaufmann.

In einer kürzlich erschienenen Mitteilung[1]) findet Herr A. Maresca einen Teil meiner früheren Resultate[2]) bezüglich der Funkenwärme bestätigt, soweit es sich nämlich um die Abhängigkeit dieser Grösse vom Widerstande des übrigen Schliessungskreises handelt. Dagegen findet er zwischen der Wärmeentwicklung q und dem Entladungspotential V die Beziehung: $q/V^2 =$ konst., während ich gefunden habe: $q/V^3 =$ konst. Ich möchte darauf hinweisen, dass sich dieser Unterschied wohl einfach aus der verschiedenen Schaltungsweise erklärt. Herr M. verlegt den zu messenden Funken in die Verbindung der Aussenbelegung zweier Leydener Flaschen, deren Innenbelege mit einer zweiten Funkenstrecke verbunden sind. Änderung von V erfolgt durch Änderung der letzteren, während der Messfunken unverändert bleibt. Ich habe dagegen nur einen einfachen Schliessungskreis benutzt, so dass behufs Änderung von V der Messfunken selbst annähernd V proportional verändert werden musste. Da Verf. bei konstanter Länge des Messfunkens $q =$ konst. V^2 findet, so steht zu erwarten,

1) Diese Zeitschr. **4**, 9, 1902.
2) Wied. Ann. **60**, 653, 1897.

dass er bei Änderung der Funkenlänge (l) bei nicht zu kleinen Funken $q =$ konst. $V^2 \cdot l$ gefunden haben würde; denn das Spannungsgefälle im Funken und somit bei gleichem Stromintegral auch die Arbeit ist angenähert l proportional. Bei meiner Anordnung ist aber auch V proportional l, so dass man erhält $q =$ konst. $\cdot V^3$.

Göttingen, den 8. Nov. 1902.

(Eingegangen 10. November 1902.)

Über die dem Erdboden entstammende radioaktive Emanation.

Von H. Ebert und P. Ewers.

J. Elster und H. Geitel haben es in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, dass ein Teil der in der freien Atmosphäre vorhandenen Elektronen der induzierten Radioaktivität ihr Entstehen verdankt, welche der aus dem Erdboden herausdiffundierenden Luft eigentümlich ist.[1]) Es war von Interesse zu untersuchen, ob auch an anderen Orten die den Erdkapillaren entnommene Bodenluft die starke aktivierende Wirkung aufweist; denn es ist ja nicht ausgeschlossen, dass besondere an einem Beobachtungsorte vorhandene Bodenkonstituenten mit einer wenn auch noch so schwachen Becquerelstrahlung begabt sind, oder eine gelegentliche Infektion des Bodens mit radioaktiver Substanz stattgefunden hat. Wir haben daher die Elster-Geitelschen Versuche hier in München unter mannigfacher Variation der Versuchsbedingungen wiederholt und zwar, wie sogleich bemerkt werde, mit bestem Erfolge

Eine weitere Frage war die, ob man irgend einen bestimmten Bestandteil als den Träger der genannten Eigenschaft anzusehen habe, und ob die Bodenluft selbst schon freie Elektronen in reichlicherem Masse enthält, oder ob in ihr nicht vielmehr nur die Disposition zu suchen sei, solche Elektronen zu bilden, wenn grössere Massen ruhender Luft mit ihr infiziert werden, eine Disposition, die man nach Analogie mit anderen ähnlich liegenden Fällen auf das Vorhandensein einer sog. Emanation zurückführen wird.

Die Versuche haben im Sinne der letztbezeichneten Auffassung entschieden.

An ein eisernes Gasleitungsrohr von 1,8 cm äusserem Durchmesser wurde unten eine Stahlspitze, oben ein Stahlkopf angesetzt; das so armierte Rohr wurde mit einem kräftigen Hammer ca. 160 cm senkrecht in den rasenbedeckten Boden des Gartens hinter dem physikalischen Institute hineingetrieben. Nach Ansetzen eines Drehherzens wurde es wieder herausgezogen und ein anderes gut gereinigtes Eisenrohr von demselben äusseren Durchmesser und 1,2 cm lichter Weite in dem entstandenen Kanal etwa 140 cm weit hineingesteckt; das Erdreich wurde oben, wie bei Elster und Geitel, festgestampft und angegossen, so dass die durch das Rohr aspirierte Luft wesentlich nur den tieferen Bodenschichten entnommen wurde. An dem oberen etwa $1\frac{1}{2}$ m aus dem Boden herausragenden Ende war ein rechtwinklig umgebogenes Glasrohr mit Siegellack eingekittet, auf welches ein kurzer dickwandiger, vorher gut ausgeblasener Gummischlauch aufgesteckt wurde, der die Verbindung zu einem Glockengasometer aus Zinkblech von 43 l Inhalt herstellte; die Glockenform wurde gewählt, damit die Gasfüllung nur mit einer möglichst kleinen freien Wasseroberfläche in Berührung treten sollte. An der Glocke selbst war ein Schnurlauf befestigt, der über zwei Rollen gehend an einer Wagschale endigte; wurden hier Gewichte aufgelegt, so konnte je nach der Belastung mit verschiedenen Geschwindigkeiten Luft aspiriert oder bei Verminderung der Gewichte unter dem Übergewichte der Glocke wieder ausgepresst werden; eine an der Glocke angelötete Metallskala liess die ein- oder ausgetretenen Volumina in Litern direkt ablesen.

War der Gasometer im Freien gefüllt worden, so wurde er in das Laboratorium getragen, und die aspirierte Bodenluft von unten her unter eine grosse Glasglocke von 60 l Inhalt hineingetrieben; oben stand die Glocke mit einer Saugleitung in Verbindung, so dass gleichzeitig Luft abgesaugt werden konnte; unter Beachtung eines seitlich an die Glocke angeschlossenen Manometers wurde die Zu- und Abflussgeschwindigkeit so reguliert, dass unter der Glocke nahezu Atmosphärendruck herrschte.

In der Glocke war unter einem Drahtnetzschutze ein Elster-Geitelscher Zerstreuungsapparat (ohne Dach) aufgestellt, der von aussen her geladen und abgelesen werden konnte. Der Apparat stand auf einem Messingteller, der ebenso wie das Schutznetz dauernd zur Erde abgeleitet war.

Zwischen den im folgenden mitgeteilten Beobachtungsreihen wurde das zur Trocknung des Elektroskopes verwendete Natrium erneuert und eine Prüfung der Isolation vorgenommen. Die Isolationsverluste lagen immer innerhalb weniger Zehntel Volt für die gewählte Beobachtungsdauer von 15 Minuten, so dass sie vernachlässigt werden konnten.

1. Unter die Glocke wurden aus dem Gasometer 6,8 l von der Bodenluft gebracht, die unmittelbar vorher bei niederem Barometerstande aus dem Erdboden ausgesaugt worden war. Die Zerstreuung, die zuvor 22 Volt pro 15′ für beide Vorzeichen betragen hatte, wuchs

1) Diese Zeitschrift **3**, 574, 1902.

sofort sehr rasch an, so dass die Zerstreuung nur für die einzelnen Minuten beobachtet werden konnte und dieselbe auf 15' umgerechnet werden musste. Ca. 7 Stunden nach dem Beginn der Lufteinfüllung, die nur 7 Minuten in Anspruch nahm, erreichte die Zerstreuung ein Maximum (465 für +, 490 für —) um erst schneller, dann immer langsamer abzunehmen, vergl. Fig. 1, bei der die Abszissen Stunden, die Ordinaten Volt Spannungsverlust pro 15' bedeuten, Kurve A. Ein Ersetzen von $^1/_9$ des ursprünglichen Luftvolumens durch Bodenluft

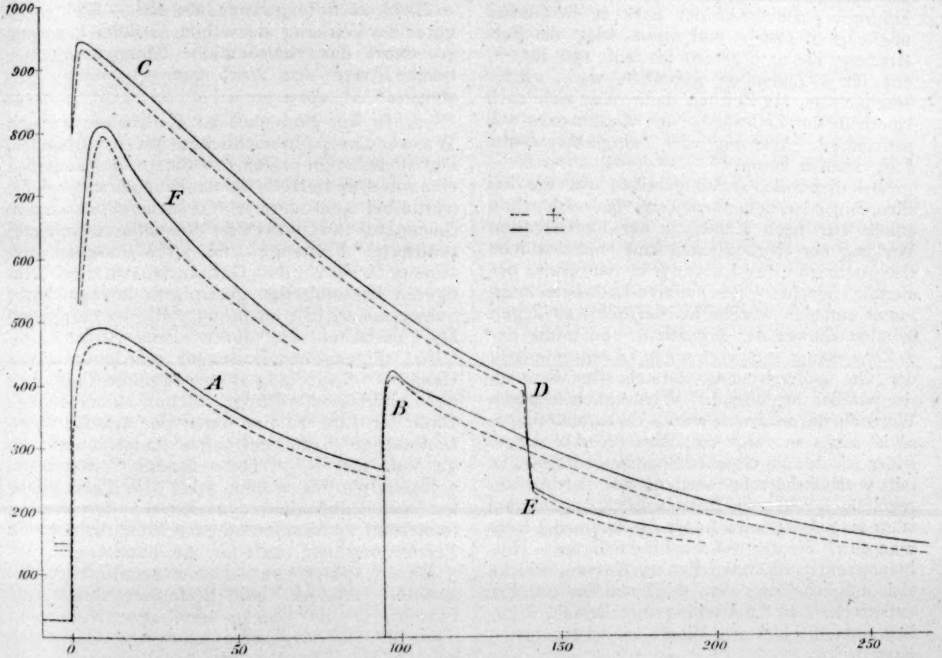

Fig. 1.

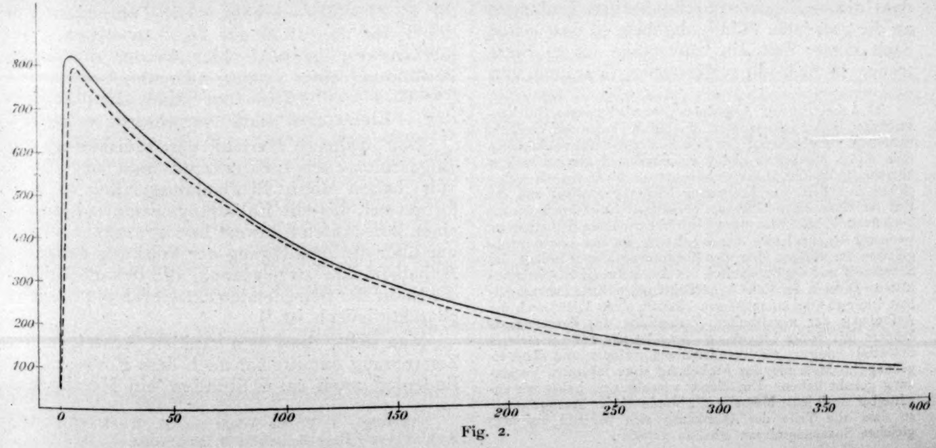

Fig. 2.

erhöht also die Leitfähigkeit des Ganzen auf dass 22 fache und zugleich lehrt dieser Versuch, dass auch Metallrohre zur Entnahme der Bodenluft verwendbar sind, die Metallwände die radioaktivierende Wirkung also nicht zerstören.

Nach vier Tagen wurden abermals 6,8 l aus dem Gasometer, der mit derselben Bodenluftprobe gefüllt gestanden hatte, in die Glocke überführt (B Fig. 1) und sofort stieg die Zerstreuung, die unterdessen bis auf 250 für +, 265 für — Ladungen gesunken war, wieder erheblich an, ein Zeichen dafür, dass sich auch innerhalb der Zinkwände des Gasometers die aktivierende Wirkung der eingeschlossenen Luft erhalten hatte.

Bei diesen Beobachtungsreihen war wie bei allen folgenden bemerkenswert, dass sich schon unmittelbar nach Einsetzen der ionisierenden Wirkung der eingebrachten Luft eine deutliche Unipolarität der Leitung in dem Sinne bemerklich machte, dass positive Ladungen langsamer entladen werden als negative; so liegen in allen Kurven der Figuren 1 und 2 die der + Zerstreuung entsprechenden Linien unterhalb der die — Zerstreuung darstellenden Kurven, sie parallel begleitend. Wenn auch einzelne Werte ein davon abweichendes Verhalten zeigten, so ist nicht zu vergessen, dass die Ablesungsfehler mit den abgelesenen Spannungsdifferenzen mit verfünfzehnfacht werden, also kleine Unregelmässigkeiten im Blättchenrückgang hierbei stark vergrössert zum Ausdruck kommen. Legt man durch die der + Entladung und der — Entladung entsprechenden Punkte Kurven, welche sich möglichst eng dem mittleren Verlaufe der entsprechenden Punktreihen anschliessen, so erhält man die hier verkleinert wiedergegebenen Kurven. [1])

Man muss aus diesem Verhalten schliessen, dass die — Elektronen schneller ihre Ladungen an die geerdeten Wände abgeben, so dass schon nach kurzer Zeit ein Überschuss an + Elektronen in dem abgeschlossenen Gasraume vorhanden ist. Das Verhältnis von — zu + Zerstreuung, welches bei jeder Einzelmessung berechnet wurde, weist im Mittel den Wert $q = 1{,}10$ auf, bemerkenswerterweise gerade den Wert, der bei uns auch im Freien gewöhnlich beobachtet wird. Da sich auch bei dieser Gasionisierung durch Bodenluft die gebildeten + Elektronen langsamer als die — Elektronen unter der Wirkung desselben Gefälles bewegen, so muss das thatsächliche Mengenverhältnis beider Arten den Wert von 1,10 noch übersteigen.

1) Anmerkung. Angesichts dieser bei unseren Glockenversuchen immer auftretenden Unipolarität könnte der Verdacht entstehen, dass während der Zeit, in der das Gas vollkommen sich selbst überlassen bleibt (also während der bei weitem überwiegenden Zeit, in der nicht gemessen wird), ein schwaches elektrisches Feld von bestimmter Richtung gewirkt und das Gas im Sinne einer teilweisen einseitigen Auselektrolysierung beeinflusst habe. Dies wäre vielleicht auch der Fall gewesen, wenn wir die zum Laden dienende Sonde nur zum Laden herabgelassen, im übrigen aber den Zerstreuungskörper isoliert, das Schutznetz und das Bodenblech des Apparates geerdet belassen hätten. Denn in der Nähe befindliche, gegen Erde nur mangelhaft isolierte Starkstromanlagen könnten dann leicht nach der Aufhebung der metallischen Verbindung des Zerstreuungskörpers mit seiner Umgebung diese letztere auf ein anderes Potential bringen, als der Zerstreuungskörper und die Umgebung im Momente der Aufhebung einer leitenden Verbindung gehabt hatten. Um diesem vorzubeugen, haben wir unmittelbar nach jeder Messung die Sonde wieder herabgelassen, so dass alle Teile der Anordnung sich dauernd auf dem gleichen Spannungsniveau erhalten mussten.

2. In der Bodenluft ist Kohlensäure und Wasserdampf in reichlichem Masse vorhanden. Um zunächst zu prüfen, ob diesen Bestandteilen eine wesentliche Rolle bei der Erscheinung zufalle, wurde bei einer anderen Versuchsreihe zwischen Gasometer und Glocke eine Waschflasche mit konzentrierter Kalilauge und zwei Flaschen mit reinster direkt vor dem Gebrauche von allen flüchtigeren Bestandteilen gereinigter konzentrierter Schwefelsäure (Siedepunkt 338° C.) vorgeschaltet. Das Verhalten der durch diese Absorptionsmittel gegangenen Bodenluft wurde unter der Glocke 16 Tage lang durch tägliche Prüfungen der Leitfähigkeit verfolgt. Schon als nur wenige Liter der Luft zu der unter der Glocke abgeschlossenen Luft, der eine Zerstreuung von 34 Volt für +, 36 für — Ladung zukam, zugelassen worden waren, stieg die Zerstreuung auf das Fünffache (152 für +, 175 für —, immer auf 15 Minuten umgerechnet), so dass die Zerstreuung nur noch aus Beobachtungen von 3′ Dauer, später von 1′ Dauer ermittelt werden konnte. Als ca. 40 l Bodenluft durch die Flasche in die Glocke hinübergetrieben und dann alle Hähne geschlossen waren, hatte sich nach ca. 3½ Stunden seit dem Beginn der Einleitung der Bodenluft die Zerstreuung auf 697 für +, 810 für — erhöht. Die Temperatur war dabei nur von 18,4° auf 19,0° gestiegen. Bemerkenswert ist auch hier wieder die rasche Ausbildung einer ausgesprochenen Unipolarität $q = V_- / V_+ = 1{,}16$ in dem Sinne, dass die Zahl der — Elektronen stark vermindert erscheint.

Den weiteren Verlauf der Ionisierung der eingeschlossenen Luft erkennt man aus Fig. 2. Wir haben diese Beobachtungsreihe so weit fortgesetzt, bis die Entladungswerte nahezu auf einen konstanten Endwert herabgesunken waren, um über die Abklingung der Wirkung genauere Anhaltspunkte zu gewinnen, die bekanntlich für die Natur der betreffenden aktivierenden Ursache charakteristisch ist. [1])

Man sieht, dass dem rapiden Ansteigen der Zerstreuung unmittelbar nach dem Einlassen der Bodenluft nach ca. 6 Stunden ein Herabgehen

1) Vergl. z. B. die Arbeit von E. Rutherford und S. J. Allen, diese Zeitschrift **3**, 225, 1902.

derselben folgt, welches von dem Maximum aus erst schnell, dann aber immer langsamer zu niedrigeren Werten führt. Bei — Ladung schliessen sich nach etwa 380 Stunden (nach Passieren des Maximums von 820 Volt Verlust) die Zerstreuungen dem Endwerte von 80 Volt asymptotisch an, welcher dann während sehr langer Zeit beibehalten wird; auf die Hälfte sind die Zerstreuungswerte bereits nach 77 Stunden gesunken. Bei + Ladung (Maximum von 800 Volt, asymptotisch erreichter Endwert 70 Volt) klingt die Wirkung nach 78 Stunden, also in nahezu derselben Zeit bis auf die Hälfte ab.

Die in der ionisierenden Luft vorhandene Wirkung klingt bei weitem langsamer ab, als dies bei irgend einer anderen induzierten Wirkung seither beobachtet wurde; vielleicht hängt diese Eigenschaft mit dem grossen Durchdringungsvermögen der von ionisierter Luft erregten Strahlung allen anderen Strahlungen gegenüber zusammen.[1])

3. Bringt die Bodenluft die geschilderten aktivierenden Wirkungen dadurch hervor, dass sie schon selbst Elektronen mitbringt, die gegen die Bestandteile des eingeschlossenen Gases stossend neue Elektronen in diesem erzeugen und dadurch dessen Leitfähigkeit erhöhen, oder ist in der Bodenluft ein Bestandteil vorhanden, der an sich elektrisch neutral bei seinem Eintritt in eine grössere ruhende Luftmasse in dieser elektrisch geladene Teilchen hervorruft, die den elektrischen Kräften des Zerstreuungskörpers folgen und die an diesem beobachteten Ladungsverluste bewirken? Um diese Frage zu entscheiden, haben wir bei den folgenden beiden Versuchsreihen die Bodenluft durch ein starkes elektrisches Feld streichen lassen, ehe sie unter die Glasglocke gelangte. In ein 40 cm langes, innen 2,6 cm weites Messingrohr war ein 36 cm langer, 1,8 cm dicker an den Enden gerundeter Messingcylinder auf je drei kleinen Bernsteinstücken an seinen Enden lagernd konaxial eingelegt, so dass zwischen beiden Cylindern ein nur 4 mm breiter Raum ringsum übrig blieb. Auf die Enden des äusseren Cylinders waren Glaskappen gekittet, die sich an den Enden zu Glasröhren verjüngten; durch die eine derselben war, durch Bernsteinstopfen isoliert, ein Zuleitungsdraht zu dem Innencylinder gezogen. Der äussere Cylinder wurde zur Erde abgeleitet, der innere mit dem einen Pole einer Hochspannungs-Akkumulatorenbatterie verbunden.

Wenn in dieser Weise zwischen den beiden Cylindern ein Spannungsgefälle von 1200 Volt/cm hergestellt wurde, so konnte man annehmen, dass jeder elektrisch nicht neutrale Bestandteil, der der durchgeleiteten Luft etwa beigemischt war, mit Sicherheit durch die elektrischen Kräfte aus ihr entfernt wurde.

Bei der folgenden Reihe (Fig. 1 C) war ausser den oben bereits erwähnten Absorptionsmitteln ausserdem noch eine Waschflasche mit einer Lösung von Chromsäure in konzentrierter Schwefelsäure zur Vernichtung etwaiger flüchtiger Humusbestandteile vorgeschaltet. Nach Einlassen von 37,5 l Bodenluft in die Glocke, stieg die Leitfähigkeit nach 3 Stunden von 138 für + auf 930, von 147 für — auf 945, um dann in der gewöhnlichen Weise wieder zu fallen. Also auch nachdem der Bodenluft alle Elektronen genommen sind, übt sie noch eine sehr starke ionisierende Wirkung aus; sie muss also eine Emanation enthalten, die an sich elektrisch neutral in einer ruhenden Gasmasse elektrische Bestandteile hervorruft, ganz ähnlich wie die namentlich von E. Rutherford genauer untersuchten Emanationen, welche von Radium- und Thorpräparaten ausgehen.

Nachdem die Wirkung dieser Emanation 140 Stunden lang verfolgt worden war, wurde die Luft aus der Glocke ausgesaugt und gewöhnliche Luft von sehr geringer Leitfähigkeit nachgefüllt (bei *D* in Fig. 1). Die Zerstreuungswerte unter der Glocke fielen sehr rasch bis auf die bei *E* ersichtlichen Werte, aber zunächst nicht weiter. Die Emanation hatte augenscheinlich die Wände der Glasglocke, das Netz, den Zerstreuungskörper u. s. w. aktiviert, so dass ein unverhältnismässig hoher Betrag an Leitfähigkeit noch vorhanden blieb auch nach völligem Luftwechsel. Erst allmählich sanken die Zerstreuungswerte weiter und weiter.

4. Ausser den genannten Bestandteilen enthält jede Bodenluft noch Methan in reichlicherem Masse. Für dieses existiert kein direktes Absorptionsmittel[1]), man muss es zerstören, z. B. über glühendem Kupferoxyd zu Kohlensäure und Wasserdampf verbrennen. Daher haben wir bei einer weiteren Versuchsreihe die in dem Gasometer aufgefangene Bodenluft durch ein 1 m langes Verbrennungsrohr mit CuO, welches dauernd auf Rotglühhitze gehalten wurde, dann durch Kalilauge, Chromsäure und Schwefelsäure geleitet. Damit von dem glühenden Körper nicht etwa Ionen mit in die Glocke übergingen, wurde ausserdem noch der Doppelcylinder mit 1300 Volt/cm Gefälle eingeschaltet und wieder 37,5 l eingelassen. Die Zerstreuungen giebt das Kurvenpaar *F* (Fig. 1). Man sieht, dass nicht die frühere Leitfähigkeit (Kurve *C*) erreicht wird. Dass dies nicht an dem fehlenden Sumpfgas liegt, wurde durch eine andere Versuchsreihe

1) Vergl. Rutherford-Allen a. a. O. 228.

1) W. Hempel, Gasanalytische Methoden, 3. Auflage, S. 203, 1900.

erwiesen, bei der in die vorher gut ausgelüftete und mit Zimmerluft gefüllte Glocke direkt aus essigsaurem Natron und Natronkalk frisch bereitetes Methan eingeleitet wurde; eine Erhöhung der Leitfähigkeit war nicht zu bemerken.

Aus obigem Versuche ist demnach zu schliessen, dass die Wirksamkeit der Bodenemanation durch Erhitzen der Luft bis zur Rotgluthitze wohl vermindert, aber nicht völlig zerstört wird.

5. Dass die aktivierende Wirkung der aus den Erdkapillaren stammenden Luft zum wesentlichen Teile auf einer Emanation beruht, die erst dann zur vollen Geltung kommt, wenn sie auf grössere ruhende Luftmassen eine gewisse Zeit lang einwirken kann, wird auch noch durch zahlreiche Versuche bestätigt, die wir bei den verschiedensten Witterungsbedingungen in der folgenden Form anstellten: Zwischen das in die Erde gesteckte Eisenrohr und den ansaugenden Gasometer wurde ein horizontal liegender Cylinderkondensator eingeschaltet, dessen äusserer 42 cm langer, 2,9 cm weiter Mantel geerdet, dessen innerer 39 cm langer, 0,5 cm dicker Cylinder von einem vertikalen Stiele getragen wurde, der in ein gut abgedichtetes Elster-Geitelsches Elektroskop gesteckt war. An dem Halse desselben war der Aussencylinder befestigt. Wurde der Innencylinder geladen, dann die Verbindung mit dem Gasometer hergestellt, so musste die vorüberstreichende Bodenluft die Cylinderladung allmählich neutralisieren, falls sie mit freien Elektronen versehen war. Die hierbei beobachteten Ladungsverluste waren aber immer nur von der Grössenordnung der vor und nach jedem Versuche genau bestimmten Isolationsverluste, so dass keine merkliche Ladung von der Bodenluft an die Cylinderwände abgegeben sein konnte.

Wurden indessen die Versuche in der Weise abgeändert, dass die Bodenluft vom Gasometer aus erst in einen grossen 58 l fassenden, gut ausgetrockneten Glasballon eintreten konnte, in dessen Hals das genannte Cylinderpaar 15 cm tief hineingeschoben war, so zeigten sich ganz andere Wirkungen.[1]) Die Cylinderanordnung erlaubte zugleich die auftretenden Mengen freier Elektronenladungen in absolutem Masse zu messen, da durch Ladungsteilung die Kapazität C des Systems zu 15,1 cm bestimmt worden war. Die am Gasometer abgelesene Literzahl l und der am Elektrometer gemessene, um die Isolationsverluste verminderte Spannungsrückgang V in Volt lässt die im Kubikmeter enthaltene Elektrizitätsmenge

$$E = \frac{C \cdot V \cdot 1000}{300 \cdot l}$$

in elektrostatischen Mengeneinheiten berechnen. So ergab sich beim Einleiten von Bodenluft aus dem Gasometer in den grossen Glasballon und aus diesem durch den Cylinderkondensator $E_+ = 2,7$ unmittelbar beim Beginn der Füllung, $E_- = 19,2$ nach 40 Minuten, $E_+ = 27,6$ nach 1 Stunde. Liess man die Luft hiernach eine weitere Stunde in dem Ballon ruhen, so ergaben sich 98 elektrostatische Mengeneinheiten Verlust in 15' für + Ladung. Nach zwei Tagen, nach denen sich bei ruhender Luft Verluste von 66,4 el. stat. Einh. am Innencylinder ergaben, wurde die in dem Ballon abgestandene Bodenluft durch den Cylinderkondensator hindurch herausgesaugt und dafür immer ein gleiches Quantum frisch entnommener Bodenluft aus dem Gasometer in den Ballon eingesaugt. Dabei verminderte sich der Elektronengehalt allmählich in folgender Weise:

$$E_+ = 63, \quad E_- = 62, \quad E_+ = 54, \quad E_- = 40,5.$$

Daraus geht hervor, dass die dem Boden unmittelbar entsteigende Luft nur wenig Elektronen mit sich bringt, wohl aber eine Emanation, die bei genügender Zeit in grossen Räumen solche erzeugt.

Bemerkt sei, dass die Luft am Erdboden im Freien in München in dieser Zeit etwa nur eine Einheit freier Elektrizität enthält, dass also durch stagnierende Bodenluft etwa das Sechzigfache an Ionisierung gewonnen werden kann, von dem was im freien Luftraume spontan an solcher hervorgerufen wird.

1) Man muss bei diesen Versuchen vermeiden, enge und lange Rohrverbindungen, namentlich aneinander gesetzte Metallröhren von wechselnder Richtung anzuwenden.
Aus diesem Grunde ist auch der in dieser Zeitschrift **2**, 663, 1901 beschriebene Aspirationsapparat an seiner Mündung nicht mit einer Rohrverengung versehen, sondern das weite Schutzrohr endet wie hier direkt in dem Luftraum, aus dem die zu untersuchende Probe aspiriert werden soll.

München, Physikal. Institut der techn. Hochschule, November 1902.

(Eingegangen 14. November 1902.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Aluminothermie. (I. Teil.)

Von Hans Goldschmidt.

Ein im wesentlichen aus einer Metalloxydverbindung und zerkleinertem Aluminium bestehendes Gemisch brennt, wenn man es an einer Stelle entzündet, ohne äussere Wärmezufuhr von selbst nieder, wobei Temperaturen bis zu schätzungsweise 3000° C. entwickelt werden und das betreffende Metall sich in flüssigem

Zustande unter der gleichfalls geschmolzenen Schlacke (Aluminiumoxyd) ansammelt. Diese vom Verfasser bereits vor einigen Jahren festgestellte Thatsache bildet die Grundlage des aluminothermischen Verfahrens, welches zu bedeutsamer industrieller Verwendung auszugestalten ihm seither gelungen ist. So einfach die chemische Umsetzung ist, vermöge deren die Reaktion zwischen einer Metallsauerstoffverbindung, z. B. Eisenoxyd und Aluminium, zustande kommt, so ausserordentliche Schwierigkeiten bereitete dem Verfasser die Lösung der Frage, auf welche Weise die Umsetzung einzuleiten war, und das umsomehr, als die ersten Versuche ausschliesslich mit einer Mischung von Chromoxyd und Aluminium angestellt wurden, die, wie weiter unten erwähnt wird, sich erst bei einer besonders hohen Temperatur entzünden lässt. Es war nämlich im Anfange nur die Darstellung von kohlenstofffreiem Chrom ins Auge gefasst worden. —

Die Mehrzahl dieser Metalloxyd-Aluminium-Mischungen, deren gesetzlich geschützte Bezeichnung „Thermit" in Wissenschaft und Technik wohl allgemein bekannt sein dürfte, können vermittelst eines glühenden Eisenstabes durchgerührt werden, ohne dass ihre Umsetzung erfolgt. Letztere wird vielmehr, wie erkannt wurde, erst durch eine sehr hohe Temperatur angeregt. Allein als wichtigstes Ergebnis war die Beobachtung anzusehen, dass die durch Entzündung an einem Punkte eingeleitete Umsetzung sich von selbst, ohne jede Wärmezufuhr von aussen, in Gemischen mannigfachster Zusammensetzung (nicht nur aus Metalloxyden mit Aluminium, sondern überhaupt sauerstoff-, schwefel-, auch halogenhaltigen Verbindungen einerseits und Aluminium sowie Magnesium, eventuell auch Calciumcarbid andererseits) fortpflanzte und auch auf neues, dem in Reaktion befindlichen nachgeworfenes Gemenge unverzüglich ausdehnte.

Verschiedenartige Versuche erwiesen ferner das Vorhandensein einer ganzen Reihe von Sauerstoffverbindungen, die, mit Aluminium gemischt, sich sehr leicht bei verhältnismässig niedriger Temperatur entzünden lassen, nach der Entzündung aber sofort eine ganz bedeutende Verbrennungstemperatur entwickeln. Somit bedurfte es nur Aufstreuens dieser leicht entzündlichen, sogenannten Entzündungsgemische (z. B. Baryumsuperoxyd und Aluminium) auf die schwer entzündlichen Gemische sowie der darauffolgenden Entzündung jener vermittelst einer Stichflamme, eines kleinen Magnesiumstreifens, eines glühenden Eisenstabes oder etwas Ähnlichem, um die Reaktion des Gesamtmaterials sofort hervorzurufen. Ausser den Superoxyden besitzen noch eine ganze Anzahl anderer Oxyde, mit feingepulvertem Aluminium gemischt, eine niedere Entzündungstemperatur, z. B. Blei- und Kupferoxyd, Wolfram- und Molybdänsäure u. s. w. — Verfasser stellte anfänglich aus Baryumsuperoxyd-Aluminium-Mischung kleine, durch alkoholische Schellacklösung gebundene, mit eingeklebtem Magnesiumbändchen versehene Kügelchen, sogenannte „Zündkirschen" her, die früher gebraucht wurden und zuverlässige Dienste leisteten. Wird an Stelle von Baryumsuperoxyd Natriumsuperoxyd verwandt, so bewirkt eine sehr niedrige Initialtemperatur bereits die Entzündung des beigemischten Aluminiums, weil die durch die Hydratisierung des Natriumsuperoxyds erzeugte Wärme — die durch Hinzufügen eines Wassertropfens hervorgerufen wird — schon genügt, die Abgabe des Sauerstoffes an das feinverteilte Aluminium zu veranlassen, eine Eigenschaft des Natriumsuperoxyds, die besonders organischen Körpern gegenüber hinlänglich bekannt ist.

Jetzt wird die Entzündung in der Praxis noch einfacher durch Aufwerfen eines in Brand gesetzten Sturmstreichholzes auf das Entzündungsgemisch bewirkt.

Mit der Ausführung dieser Umsetzung ist das Problem gelöst, die bedeutende, im Aluminium aufgespeicherte Energie auf einfachste Weise in Freiheit zu setzen und den verschiedensten Zwecken dienstbar zu machen. Auf Grund dieser Entdeckung ist eine neue Industrie ins Leben gerufen worden, die mit dem eingangs erwähnten, bereits internationalen Namen „Aluminothermie" bezeichnet wird.

Frühere, zum Teil schon etwa 50 Jahre zurückliegende Versuche, das Aluminium als Reduktionsmittel zu verwenden, knüpfen sich besonders an die Namen Wöhler und Michel, Deville und die Brüder Tiessiers sowie an Beketoff; zu erwähnen sind noch die Arbeiten von Clemens Winkler über die reduzierenden Eigenschaften des Magnesiums. Spezielle Beachtung haben diese Arbeiten in einem Aufsatze gefunden, den Verfasser in Lieb. Ann. der Chemie, Band **301**, 1898 veröffentlichte.

Alle früheren Forscher arbeiteten ohne Ausnahme in der Weise, dass das Gemisch in einem kleinen Tiegel von aussen erhitzt wurde, ein Verfahren, welches infolge der dabei sehr oft auftretenden, äusserst heftigen Reaktion, nicht einmal deren Verlauf genau zu verfolgen gestattete. Sobald aber eine etwas grössere Menge des Gemisches, das sich zuerst durch äussere Erhitzung fast durchgehends seiner Entzündungstemperatur genähert hatte, plötzlich zur Reaktion gelangte, entstanden heftige, manchmal sogar gefährliche Explosionen.

Was nun die Frage nach der Höhe der aus der Aluminiumverbrennung resultierenden Temperatur anbetrifft, so ist es nicht möglich, sie auch nur annähernd exakt zu beantworten, da z. Z. keine Methode zur wissenschaftlich ge-

nauen Messung derartig hoher, 2000° wesentlich überschreitender Temperaturen bekannt ist. Verfasser musste sich daher auf ihre schätzungsweise Feststellung vermittelst des Wiborghschen Thermophons beschränken, das in einigen Fabriken zur Bestimmung der allerdings wohl 1000° niedriger liegenden Temperaturen im Martinofen Verwendung findet. Diese Thermophone sind kleine, aus feuerfestem Material gepresste Cylinder von genau gleicher Grösse und Wandstärke, in deren Mitte sich ein Knallquecksilberzündhütchen befindet. Je nach der Höhe der zu messenden Temperatur, verläuft eine kürzere oder längere Zeit, bis die Zersetzungstemperatur des Sprengstoffes im Innern des Körpers erreicht ist und eine schwache Explosion das Ende des Versuches anzeigt. Die der verstrichenen Zeit entsprechenden Temperaturwerte findet man in den für diese Probe ausgearbeiteten Tabellen. Verschiedene, vorschriftsmässig bei der Chromoxydreduktion ausgeführte Messungen ergaben gut übereinstimmende Zahlen für Temperaturen von 2900—3000° C. Bemerkt sei noch, dass in keinem Falle der Schmelzfluss die kleinen Cylinder angegriffen hatte, thatsächlich also die Explosion des Knallquecksilbers allein durch Wärmeleitung verursacht worden war, dass aber die tabellarischen Temperaturangaben, in ihren höheren Werten lediglich auf Extrapolation beruhend, doch nur als Schätzungswerte anzusehen sind.

Auf der Hauptversammlung der deutschen elektrochemischen Gesellschaft in Leipzig (1898) bezeichnete Ostwald das aluminothermische Verfahren, welches Verfasser dort zum ersten Male im Anfangsstadium der Entwickelung vortrug, als „einen Hochofen und Schmiedefeuer in der Westentasche“ und hat damit in witziger Weise sehr treffend das wesentliche dieser Erfindung gekennzeichnet, nämlich die grosse Energiedichte, die durch sie in so einfacher Weise zu erreichen ist.

In folgendem sei es mir gestattet, diesem Ostwaldschen Ausspruche eine zahlenmässige Unterlage zu geben, die natürlich auch nur eine annähernde sein kann.

Um einen Anhalt zu gewinnen, mögen zunächst die Verbrennungswärmen einer Anzahl von Elementen (für je 1 kg) mit Sauerstoff zum Vergleiche mit der des Aluminiums hier aufgeführt werden.

Die Zahlen sind den Tabellen von Landolt und Börnstein (II. Auflage 1894) entnommen. Leider fehlt hier gerade die Angabe über Aluminium. Diese Zahl verdankt Verfasser Herrn Dr. Strauss, Chef des physikalischen Laboratoriums der Firma Fried. Krupp in Essen.

H zu H_2O	34553	(Joule)
C zu CO_2	7859	(Berth und Pet.)
Al zu Al_2O_3	7140	(Strauss)[1]
Mg zu MgO	6010	(Rogers)
P zu P_2O_5	5547	(Andrews)
Na zu Na_2O	3293	(Woods)
Ca zu CaO	3284	(Thomsen)
S zu SO_2	2165,6	(Berthelot)
As zu As_2O_5	1462,5	(Thomsen)
Fe zu FeO	1352,6	(Favre u. Silbermann)
Zn zu ZnO	1291,3	(dies.)
Cu zu CuO	593,6	(Joule)
Sn zu SnO	573,6	(Andrews)
Pb zu PbO	243,0	(Thomsen)
Bi zu Bi_2O_3	95,5	(Woods)
Ag zu Ag_2O	27,31	(Thomsen)

Es sei weiterhin versucht, aus dem thermochemischen Verhalten der bei dem aluminothermischen Prozess der Eisenabscheidung beteiligten Stoffe den Nutzeffekt dieses Prozesses zu bestimmen, der nach der Gleichung $Al_2 + Fe_2O_3 = Fe_2 + Al_2O_3$ verläuft. Man kann daraus die thermischen Anteile, welche auf die Reduktion von Fe_2O_3 entfallen, und diejenigen, welche aus der Verbrennung des Aluminiums resultieren, berechnen. Bei dem Vorgange spielen aber auch die Wärmeanteile eine Rolle, die zur Verflüssigung des Schmelzgutes dienen, also des Eisens und der Thonerde. Unberücksichtigt mögen die Wärmemengen bleiben, welche durch Leitung und Strahlung verloren gehen.

Zur Bildung von 1 kg Eisen aus dem Oxyd bedarf es 0,484 kg Aluminium. Diese liefern bei der Verbrennung

$$0{,}484 \cdot 7140 = 3455{,}76 \text{ Kal.}$$

Für die Reduktion von 1 kg Eisen aus dem Oxyd werden (nach Fischers Handbuch der chemischen Technologie 4. bez. 15. Auflage Seite 173) im Durchschnitt 1768 Kalorien benötigt. Das ist der Mittelwert zwischen 1648 und 1887 Wärmeeinheiten. Als Schmelzpunkt des kohlenstoffarmen, sehr reinen, aluminogenetischen Eisens mag 1600° angenommen werden; er liegt thatsächlich wohl etwas niedriger. Die spezifische Wärme des Schmiedeeisens zwischen 4° und 27° wird in den Tabellen von Landolt und Börnstein (nach Petterson und Hedelius) mit 0,108079 angegeben, die latente Schmelzwärme von weissem Gusseisen beziffert sich nach Gruner auf 33, eine Zahl, welche hier in Ermangelung der wohl noch nicht bestimmten Schmelzwärme für Schmiedeeisen eingesetzt werden soll. Es würde somit die zum Schmelzen von 1 kg Eisen nötige Wärmemenge $1600 \cdot 0{,}108 + 33$ Kal. $= 205$ Kal. betragen. Richtiger jedoch ist es, die mittlere spezifische Wärme zwischen 0° und dem Schmelzpunkt 1600° einzusetzen. Diese berechnet sich nach

1) In Ferd. Fischer, Handbuch der chemischen Technologie 1900 (4. resp. 15. Aufl.), S. 343, ist die Bildungswärme von Al_2O_3 mit 3920 angegeben; dies entspricht für 1 kg Aluminium 7259.

Pionchon für ca. 1600 auf 0,19.[1]) Danach ist zu setzen:

$$1600 \cdot 0{,}19 + 33 = 337 \text{ Kal.}$$

Bei der Gewinnung von 1 kg Eisen werden 0,91 kg Thonerde erzeugt. Die Schmelztemperatur der Thonerde, anscheinend noch nicht genau bestimmt, wird bekanntlich im Knallgasgebläse erreicht, durch geringe Mengen aufgelöster Metalloxyde bezw. Metalloxydule aber herabgedrückt. Sie sei mit 1900° eingesetzt. (Hierbei sei bemerkt, dass chromoxydhaltiger Korund, der bei der Chromdarstellung sich bildet, entschieden schwerflüssiger ist, als derjenige, welcher Sauerstoffverbindungen des Eisens, Mangans und Nickels aufgenommen hat.) Ferner ist die latente Schmelzwärme der Thonerde wohl nicht bekannt; dieselbe mag zu 50 Kal. angenommen werden, der Zahl, die Gruner für Hochofenschlacke angiebt. Die spezifische Wärme der Thonerde führt Ostwald (Lehrbuch der allgemeinen Chemie 2. Auflage Seite 281) mit 0,2173 an. Demnach berechnet sich die zum Schmelzen von 0,91 kg Thonerde nötige Wärmemenge wie folgt:

$$0{,}2173 \cdot 1900 \cdot 0{,}91 + 50 = 425{,}71.$$

Es wird also, übersichtlich zusammengestellt,

	Wärme verbraucht:		Wärme erzeugt:
Für die Bildung von 1 kg Eisen	1768 Kal.		
Zum Schmelzen desselben . . .	337 „	durch Verbrennen von 0,484 *Al*	3455,76 Kal.
Zum Schmelzen der Schlacke .	425,71 „		
	2530,71 Kal.		3455,76 Kal.

Es bleibt demnach bei der aluminothermischen Eisendarstellung eine Wärmemenge von $3455{,}76 - 2530{,}71 = 925{,}05$ Kal. disponibel. Da 1 kg Thermit praktisch etwa ½ kg Eisen ergiebt, so liefert 1 kg Thermit etwa 450 Kal.[2])

Angesichts dieser Zahl, die bei oberflächlicher Betrachtung ausserordentlich niedrig erscheint, möchte man es kaum für möglich halten, dass so überraschende thermische Effekte mit Hilfe des Thermits hervorzubringen sind. Allein man hat sich zu vergegenwärtigen, dass nicht nur die Reaktion, die sich bei sehr hoher Temperatur abspielt, ausserordentlich schnell vor sich geht, sondern auch vor allem keine flüchtigen Verbrennungsprodukte austreten und man deshalb imstande ist, diese Mengen von Kalorien schnell und einfach zu übertragen und besonders gut auszunutzen.

Man kann sich diesen Vorgang auch an der Temperaturerhöhung flüssigen Gusseisens, die durch Zugabe von Thermit erzielt wird, klar machen. Der Schmelzpunkt des weissen Roheisens wird von Ledebur zu 1075° angegeben. Die spezifische Wärme des Eisens zwischen 1000 und 1200° ist seitens Pionchons mit 0,19887 bezeichnet. Gesetzt den Fall, dass 100 kg flüssigen Gusseisens nur 2 kg Thermit — die etwa 1 kg Eisen ergeben — zugefügt werden, so würden wir damit eine Temperaturerhöhung von

$$\frac{2 \cdot 450}{0{,}19887 \cdot 100} = 45{,}2^0 \text{ C.}$$

erhalten; bei einer Zugabe von 5% Thermit berechnet sich diese Temperaturerhöhung auf etwa 115° G.

Die spezifische Wärme des Eisens steigt erheblich mit seiner Temperatur; sie ist bei der Schmelztemperatur des Gusseisens etwa doppelt so hoch, als bei gewöhnlicher Temperatur, d. h. wie oben in den Berechnungen angegeben, etwa 0,2 gegen 0,1. Die Wirkung des hocherhitzten Thermiteisens auf kaltes Eisen, dessen Reaktion auf Wärmezufuhr also doppelt so gross ist als die des heissen, ist sehr beachtenswert und giebt eine Erklärung dafür, dass es kaum einen Zweck hat, die mit dem Thermiteisen zu verschmelzenden Eisenstücke besonders stark anzuwärmen.

Folgende Erwägung klärt wohl den thermischen Effekt am besten auf.

Ein kg Thermit brennt in etwa 1—2 Sekunden ab, sobald etwas grössere Mengen auf einmal im Tiegel entzündet werden, z. B. 10 kg. Gelangen grössere Quantitäten, bei denen grössere Entzündungsflächen in Wirkung treten können, zur Reaktion, so wird das Abbrennen eines kg Thermit noch erheblich beschleunigt.

Angenommen, dass in einer Sekunde beim Abbrennen von 10 kg Thermit nur 300 Kalorien entwickelt werden, so entsprechen diese, wenn wir das mechanische Wärme-Äquivalent — 425 mkg — zu Grunde legen, einer mechanischen Arbeitsleistung von 127 500 mkg oder 1700 Pferdekraftsekunden oder 1149,5 Kilowattsekunden. Das würde der einsekundlichen Wirkung einer Bogenlampe von etwa 30000 Ampère bei 40 Volt gleichkommen. Werden aber 100 kg Thermit in einem Tiegel zur Entzündung gebracht, die ebenfalls in etwa 15 Sekunden niederbrennen, so werden in einer Sekunde 3000 Kalorien entwickelt, die einer Bogenlampe von etwa 300000 Ampère bei 40 Volt entsprächen! Man ersieht hieraus, dass die Wärmeentwickelung während des Abbrennens

1) In Stühlens Ingenieurkalender ist die spezifische Wärme von flüssigem Bessemer Eisen mit 0,207 angegeben.

2) Zu ähnlichen Resultaten kommt Oberbergrat Fr. Kupelwieser in Leoben. Vergl. Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen Nr. 12, Jahrg. 47, 25. März 1899.

von Thermit weit intensiver resp. konzentrierter ist, als in einem mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens geheizten Ofen. Denn im elektrischen Ofen kann dem Schmelzgut in der Zeiteinheit ein so ungeheurer Strom resp. Wärmemenge praktisch kaum zugeführt werden, vor allem aber nicht innerhalb eines Raumes von wenigen Kubikdecimeter Inhalt, wie es beim Abbrennen von Thermit bewirkt wird. Dass aber das aus dem Thermit entstehende Schmelzgut sogar noch höhere Temperaturen besitzt, als das den elektrischen Ofen verlassende, lehrt der Augenschein ohne weiteres. Jeder, der beispielsweise den Abstich eines grossen Carbidofens beobachtet hat, wird, nachdem er die aluminothermische Reaktion damit verglichen, erkennen, dass die Temperatur der letzteren erheblich höher ist. In einer Arbeit „Über die Darstellung krystallisierter Thonerde im elektrischen Schmelzofen" schreibt Gintl[1]), dass die von ihm geschmolzene Thonerde, die einem Strome von 1000 Ampère und 100 Volt ausgesetzt wurde, „eine zähflüssige Schmelze" ergab; diese enthielt nun zumeist noch erhebliche Mengen von Kieselsäure, war also entschieden unrein und deshalb leichter schmelzbar, als die kieselsäurefreie, im wesentlichen nur etwas Eisenoxydul enthaltende Thonerde, die beim Abbrennen von Thermit entsteht. Die letztere wird aber selbst bei Anwendung kleinerer Mengen völlig dünnflüssig, so dass sie leicht und fast vollständig bei einigermassen schnellem Arbeiten aus dem Tiegel ausgegossen werden kann.

Um einige hundert Kilo eines schwer schmelzbaren Gutes mit Hilfe des elektrischen Stromes in feuerflüssigen Zustand zu bringen, bedarf es im allgemeinen mehrerer Stunden lang der Energie von Hunderten von Pferdekräften. Derselbe Effekt wird beim Abbrennen von Thermit in einigen Minuten eventuell sogar Sekunden erzielt!

Zwecks Anstellung eines anderen zahlenmässigen Vergleichs zwischen der Energiedichte im elektrischen Ofen und der des in Reaktion befindlichen Thermits, und zwar speziell des Eisenthermits, mag sie bezogen werden auf *Erg* pro Kubikcentimeter.

Wie oben gesehen, werden beim Abbrennen von 10 kg Thermit in einer Sekunde 300 Kal. disponibel; diese 10 kg Thermit nehmen nach beendigter Reaktion etwa einen Raum von 3500 ccm ein. Demnach befinden sich nach 15 Sekunden in 1 ccm

$$\frac{4500}{15 \cdot 3500} = 0{,}0857 \text{ Kal.}$$

entsprechend 36,42 mkg. Da 1 mkg = 98100000 *Erg* ist, so haben wir in einer Sekunde in 1 ccm 3572802000 *Erg*.

Die Energiedichte des elektrischen Ofens ist nicht leicht zu übersehen, schon weil die verschiedenartigsten Konstruktionen und Grössenverhältnisse in Frage kommen.

Wird ein Ofentypus, wie beispielsweise der von Stassano zur Stahlbereitung benutzte, dessen Innenraum nur durch Unterhaltung eines mächtigen Lichtbogens erhitzt wird, zum Vergleich herangezogen, so ist die in diesem Ofen herrschende Energiedichte verhältnismässig gering, denn die Grösse seines benutzbaren Raumes beträgt etwa 1 cbm bei einem Kraftverbrauch von etwa 500 H.P.

Die hier herrschende Energiedichte berechnet sich demnach wie folgt:

500 H.P. = 37500 mkg in 1000000 ccm pro Sekunde, also pro Sekunde pro ccm = 0,0375 mkg = 367 · 8750 *Erg*.

1) Zeitschrift für angewandte Chemie 1901, **14**, Heft 47, S. 1173/79.

Tabelle.

Dauer der Reaktion	Angew. Menge Thermit	Volumen des Reaktionsproduktes	Es werden entwickelt: insgesamt Kal.	Es werden entwickelt: davon disp. Kal.	Dichte der gesamten Energie pro ccm Sek.	Dichte der dispon. Energie pro ccm Sek.	Verhältnis zwischen den Energiedichten	
15 Sek.	10 kg	3500 ccm	17278,8 = 7343490 mkg	4500 = 1912500 mkg	0,33 Kal. = 140,25 mkg = 13758525000 *Erg.*	0,0857 Kal. = 36,4 mkg = 3570840000 *Erg.*	a) Carbidofen zur gesamten Wärmemenge des Thermits 1 : 188	b) Carbidofen zur disponibl. Wärmemenge des Thermits 1 : 50
	Im elektr. Ofen von 500 H. P. erzeugte Menge Carbid	Volumen der Schmelzzone						
1 Sekunde	0,173 kg	50000 ccm	500 H. P. = 37,500 mkg		0,75 mkg = 73575000 *Erg.*			

Das Verhältnis wäre also im Vergleich zum Thermit, wenn 10 kg abbrennen, etwa 1000 zu 1.

Schliesslich sei die der Zeiteinheit entsprechende Wärmemenge des abbrennenden Thermits verglichen mit der Wärmemenge, welche der Schmelzzone eines mit 500 H.P. betriebenen Calciumcarbidofens pro Sekunde zugeführt wird. Und zwar seien in diesem Falle nicht nur die disponiblen, sondern auch die Gesamtsumme der überhaupt erzeugten Kalorien des Thermits in Rechnung gesetzt. Die Grösse der Schmelzzone ist zu 50 Liter angenommen. Diese Zahl beruht auf einem, dem Verfasser seitens der Société des Carbures in Paris freundlichst zugesandten, ausführlichen Berichte, wonach die Schmelzzone eines solchen Ofens gemäss dortseitig besonders angestellter Versuche 52,4 Liter Inhalt hat.

Das Resultat des Vergleichs ist aus der Tabelle (S. 170) zu ersehen.

(II. Teil folgt.)

BESPRECHUNGEN.

P. Duhem, Thermodynamik und Chemie. 496 Seiten. Paris, Hermann. 1902.

Der Verfasser verfolgt in diesen „Leçons élémentaires à l'usage des chimistes" den Zweck, den Chemiker in die chemische Gleichgewichtslehre und ihre thermodynamischen Grundlagen einzuführen. Schon früher hatte er einmal gezeigt, dass ihm eine elementare Darstellung ebenso hervorragend gelingt wie die streng mathematische Behandlung des gleichen Gegenstandes, wie sie z. B. in dem „Traité élémentaire de mécanique chimique" durchgeführt ist. Während aber letzteres Werk trotz des Titels sich an den mathematisch einigermassen geübten Leser wendet, ist in dem vorliegenden Buche auch von den primitivsten Formeln nur ein ganz bescheidener Gebrauch gemacht.

Der wesentlichste Inhalt des Buches ist das Gebiet, das man als Phasenlehre zu bezeichnen pflegt, also die allgemeine Behandlung der chemischen Gleichgewichte. Die anregende Darstellung bildet einen der Hauptvorzüge des Buches, so dass es nicht nur den Anfänger fesseln, sondern auch für den mit dem Gegenstand Vertrauten eine anziehende Lektüre bilden wird. Vorausgeschickt wird eine Einführung in die allgemeine Thermodynamik. Hier, wie auch gelegentlich später, erweist es sich zur Vermeidung mathematischer Entwicklungen zuweilen als notwendig, einzelne Resultate ohne Beweis einfach mitzuteilen. Der spezielle Teil ist ausserordentlich reich an Beispielen, wobei auch die neueren Arbeiten der deutschen und holländischen Forscher zum Teil eingehende Besprechung erfahren. So werden, um nur einiges zu erwähnen, die Untersuchungen van't Hoffs und seiner Mitarbeiter über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen ausführlich behandelt, desgleichen die Arbeiten von Roozeboom über Schmelzpunkte und Löslichkeit von Mischkrystallen sowie über die Carbide des Eisens. Es ist unzweifelhaft, dass gerade auf diesem Gebiet die Heranziehung von vielen Beispielen, bei deren jedem einzelnen eine andere Seite des Vorgangs mehr in den Vordergrund tritt, sehr dazu beiträgt, die Darstellung zu beleben und dem Leser zur erforderlichen Gewandtheit in der Anwendung der allgemeinen Sätze zu verhelfen.

Der allgemeinen Phasenlehre, welche den grössten Teil des Buches einnimmt, folgt ein Kapitel über das Verhalten der idealen Gase; dagegen vermisst man jede Erwähnung der Gesetze verdünnter Lösungen, die doch vielleicht das fruchtbarste Feld für die Anwendung der Thermodynamik auf die Chemie bilden. — Ein längerer Abschnitt ist den „falschen Gleichgewichten" und der vom Verfasser stammenden thermodynamischen Theorie derselben gewidmet; es haben also auch die neueren Untersuchungen von Bodenstein die Überzeugung des Verfassers, dass es sich hier um wirkliche Gleichgewichtszustände handelt, nicht zu erschüttern vermocht. Das letzte Kapitel behandelt die Reaktionsgeschwindigkeit und die Theorie der Explosionen; doch beschränkt sich der Verfasser hier auf die Erwähnung einiger ganz allgemeiner Sätze, ohne die Grundformeln der chemischen Dynamik zu bringen. Wenn man somit auch in den letzten Kapiteln manches Wichtige vermisst, das man in Deutschland längst als zum sicheren Bestand der Wissenschaft gehörig ansieht, so bildet das Buch doch einen namentlich für den mathematisch nicht vorgebildeten Chemiker ausserordentlich wertvollen Führer in dem so wichtigen und in weiteren Kreisen noch lange nicht genügend gewürdigten Gebiete der chemischen Gleichgewichtslehre.

V. Rothmund.

(Eingegangen 10. August 1902.)

H. Helmholtz, Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge. Herausgegeben von M. Planck. Ostwalds Klassiker No. 124. 83 Seiten. Leipzig, Wilh. Engelmann. 1902. M. 1,40.

Dass die vier berühmten Arbeiten, mit denen Helmholtz die Elektrochemie und die

Thermodynamik in so hervorragendem Grade gefördert hat, als ein Bändchen der Ostwaldschen Klassiker erschienen sind, wird der Physiker und Physikochemiker mit grosser Freude begrüssen. In der von berufenster Hand besorgten Herausgabe sind einige Druckfehler und Versehen berichtigt und verschiedene bei dem knappen Stil der Abhandlungen für das Verständnis sehr wertvolle Anmerkungen beigefügt. V. Rothmund.

(Eingegangen 10. August 1902.)

V. A. Julius, Der Äther. Vortrag gehalten am 3. April 1902 im Ferienkurs vor Mittelschullehrern. Haarlem, F. Bohns Erben. 1902. 56 S. Deutsche Übersetzung von G. Siebert. Leipzig, Quandt & Händel. 1902. M. 1,50.

Dies Büchelchen war schon im Druck, als am 1. April der Verfasser unerwartet durch den Tod seiner Arbeit entrissen wurde.

Mit der ihm eigenen Energie hatte er, obwohl schon sehr leidend, seinen Vortrag ausgearbeitet, der ursprünglich nicht für den Druck bestimmt war. Auf Drängen seiner Zuhörer, die gerne sich in die schwierigen Fragen über die Konstitution des Äthers vertiefen wollten, entschloss sich der Verfasser, seinen Vortrag zu veröffentlichen.

Nach einer Einleitung über die Bedeutung und Wert der Hypothesen schildert der Verfasser die Anschauungen von Fresnel und Cauchy über den Bau des Äthers, woran sich Ansichten von Lord Kelvin anschliessen. Der zweite Teil enthält die Maxwell-Faradaysche Theorie und deren glänzende Bestätigung durch Hertz. Im dritten Abschnitt werden die Anschauungen von Lorentz, J. J. Thomson u. a. über die Elektronen auseinandergesetzt, sowie die daran sich anschliessenden Versuche von Zeeman u. s. w. Lichtvoll und klar ohne grössere mathematische Beweise werden die einzelnen Theorien vorgeführt; zu gleicher Zeit wird auch auf die Schwierigkeiten, „die Wolken, welche auf den einzelnen Theorien lagern“ (Lord Kelvin) aufmerksam gemacht.

Leider gestattet der Vortrag keinen eingehenden Auszug. Wer sich für die Entwickelung der Äthertheorien, die Anschauungen unserer bedeutendsten Physiker über dieses schwierige Gebiet interessiert, dem kann der Vortrag auf das wärmste empfohlen werden. G. C. Schmidt.

(Eingegangen 22. Juli 1902.)

M. G. Quesneville, Théorie nouvelle de la dispersion. (Neue Theorie der Dispersion.) 69 S. Paris, A. Hermann. 1901.

Die Ansichten des Verfassers sind geeignet, Aufsehen zu erregen. Er ist der Meinung, dass Gleichheit der Geschwindigkeit der verschiedenen Farben im Weltenraum auch Gleichheit derselben in den irdischen Medien nach sich ziehe. Die Ungleichheit letzterer hält er für nicht bewiesen. Er zeigt, dass Cauchy den Fehler beging, immer nur von einem Medium zu reden und glaubt, dass der Ursprung von Refraktion sowohl wie auch Dispersion in einer Übergangsschicht liegt, in welcher die Attraktionskräfte einseitig wirken, mithin die elastische Kraft und die Schwingungsperiode vorübergehend eine Änderung erfahren, während sie ausserhalb gar nicht, innerhalb allseitig wirken. Er stellt mithin eine Art Brücke zwischen der Undulations- und Emissionstheorie her, leitet das Brechungsgesetz in neuer verwickelter Weise ab, weist verschiedenen Forschern (Cauchy, Fermat! u. a.) Unrichtigkeiten nach, zeigt, dass der Widerspruch zwischen Newton-Laplace und Cauchy nur scheinbar ist, und entwickelt aus seinem einheitlichen Grundgedanken eine Theorie der normalen und anomalen Dispersion. Seine Grundformel lautet $n = \lambda_0 / \lambda = (v_0 / v) \cdot \tau : (\tau + \vartheta)$, wobei sich der Index $_0$ auf den leeren Raum bezieht, v_0 und v von λ unabhängig sind. Die Periode τ erfährt in der Übergangsschicht eine Verkleinerung (normale) bezw. eine Vergrösserung ϑ (anomale Dispersion). Das 1. Glied der Dispersionsformel von Cauchy wird gleich dem Verhältnis der Geschwindigkeiten des weissen Lichtes v_0 / v, welches für alle Farben konstant ist. Auch auf die Metallreflexion geht Quesneville ein. Leider war mir infolge notwendiger Einschränkung nur eine Durchsicht der Schrift möglich. Ohne eingehendes, gründliches — infolge der vielen Indices und Accente nicht eben leichtes — Studium erscheint eine kritische Beurteilung nicht denkbar.

Karl Strehl.

(Eingegangen 17. Juli 1902.)

J. Scheiner, Strahlung und Temperatur der Sonne. IV u. 99 S. Leipzig, Wilh. Engelmann. 1900. M. 2,40.

Nachdem die Physik mit den schönen Gesetzen der Temperaturstrahlung schwarzer Körper eine so reinliche Scheidung von Licht und Finsternis in diesem Gebiete zu stande gebracht hat, ist der Versuch des Verfassers sehr zeitgemäss, die der Sonnenstrahlung gewidmete Arbeit unter den modernen physikalischen Gesichtspunkten einmal kritisch zu ordnen. Das geschieht, indem optische, thermische, chemische und elektrodynamische Strahlung in gesonderten Kapiteln behandelt wird, von denen das zweite naturgemäss weitaus überwiegt. Schon diese Einteilung scheint, physikalisch genommen, noch nicht weitgehend genug von den Rudimenten älterer Anschauungen gereinigt. Dasselbe wird der Physiker auch wohl in der Darstellung hier

und da empfinden. Indessen schreibt der Verfasser als Astrophysiker für astronomisch gebildete Leser, denen die physikalische Identität der elektromagnetischen Strahlung am Ende doch noch nicht so in Fleisch und Blut übergegangen ist, wie dem modernen Physiker.

Vorausgeschickt wird ein Kapitel über die Absorption in der Erdatmosphäre, über deren Einfluss man sich natürlich vor allem klar sein muss, wenn richtige und richtig gedeutete Messungen der Sonnenstrahlung erhalten werden sollen. Das Kapitel über die Lichtstrahlung der Sonne behandelt die zahlreichen photometrischen Vergleichungen der Sonne mit anderen Lichtquellen, teils irdischen, teils kosmischen, Versuche, die nach unserem heutigen Standpunkte für das Problem einen untergeordneten Wert haben. Wenigstens wird die moderne photometrische Temperaturbestimmung von Strahlungsquellen nicht erwähnt, wohl weil sie jünger ist als das Buch. Das Kapitel von der Wärmestrahlung der Sonne ist das gehaltvollste. Hier wird das Problem des absolut schwarzen Körpers behandelt und die Schwierigkeit, die durch die Abweichung des Sonnenkörpers von ihm erwächst. Es werden die Strahlungsgesetze aufgestellt und das allgemeine Prinzip, mit ihrer Hilfe aus der gemessenen Sonnenstrahlung die Temperatur zu erschliessen. Dabei bereitet schon die Definition der Sonnentemperatur grosse Schwierigkeiten, da wir den Stoff der Sonne bezw. dessen Emissionsvermögen nicht kennen. Man setzt nach Le Chatelier dieses Emissionsvermögen der Sonne gleich 1 und nennt die dadurch definierte Temperatur derselben die effektive. Der Schluss ist: „Selbst nach genügender Lösung des Problems der Wärmeextinktion in der Erdatmosphäre lässt sich aus Strahlungsbeobachtungen nicht die wirkliche in der Photosphäre herrschende Sonnentemperatur finden, sondern nur die Temperatur eines absolut schwarzen Körpers vom gleichen scheinbaren Durchmesser und gleichem Strahlungseffekte." Nun werden alle auf das Stefansche Gesetz gestützten Versuche diskutiert und in ihren Ergebnissen zusammengestellt. Es ergiebt sich ein Mittelwert von 7000° abs., der sich auf 7760° für die wahre, von der Photosphäre ausgehende Strahlung erhöht, wenn man der Absorption in den oberhalb der Photosphäre liegenden Schichten nach den Messungen des Lichtabfalls der scheinbaren Sonnenscheibe von der Mitte zum Rande Rechnung trägt.

Weiter werden die indirekten, sich auf irgend welche Hypothesen über die Konstitution der Sonne stützenden Methoden zur Bestimmung der Sonnentemperatur erwähnt. Darunter auch die auf das Wiensche Verschiebungsgesetz basierte. Durch die neueren Untersuchungen ist dasselbe aber doch wohl über den Charakter des Hypothetischen soweit hinaus, dass wir heute diese Bestimmungsweise unter die direkten setzen würden. Man erhält nach ihr im Mittel 4870°.

Ein Abschnitt ist den Veränderungen der Sonnentemperatur gewidmet. Hier finden sich alle Hypothesen, das Äquivalent für die fortdauernden Strahlungsverluste der Sonne zu ermitteln. Am meisten Anhänger hat wohl die Helmholtzsche Kontraktionstheorie. Über den Einfluss der Sonnenflecken auf die Strahlung scheint man noch recht wenig Exaktes zu wissen. Interessant ist die Überschlagsrechnung Dubois', dass schon eine Schwankung der Sonnentemperatur um 3 Proz. genügen würde, in Europa eine mittlere Jahrestemperatur von 0°, d. h. eine Eiszeit hervorzubringen.

Sehr interessant sind auch die Betrachtungen, die sich über die Temperatur der Sonne in verschiedenen Entwicklungsphasen ihres Systems aus der Helmholtzschen Theorie ergeben. Da das ursprüngliche Nebularsystem sich anfangs von nahe 0° abs. an unter fortwährender Steigerung der Temperatur verdichtet haben muss, so muss einmal ein Wendepunkt in der Temperaturkurve eintreten. Das Problem ist von Ritter theoretisch behandelt und führt zu einigen interessanten Sätzen: Wäre z. B. die Sonne ein Gasball im adiabatischen Gleichgewichte, so müsste noch heute ihre Strahlungsintensität in starker Zunahme begriffen sein. Der Verfasser entnimmt allerdings mancherlei Anzeichen, dass bei der Sonne der Kulminationspunkt bereits überschritten, oder gerade erreicht ist, wie es auch der dem Gefühl entspringenden landläufigen Ansicht entspricht.

Von elektrodynamischer Strahlung der Sonne ist bisher nichts nachgewiesen. Vielleicht deuten die Nordlichtphänomene darauf, dass eine solche Strahlung existiert, aber in den obersten Schichten unserer Atmosphäre absorbiert wird. Auch eine von Eschenhagen beobachtete Art magnetischer Störungen von Perioden bis 12 Sek. herunter könnte durch solche elektrodynamische Wellen veranlasst sein.

In einem Anhang wird mit Rücksicht auf die Helmholtzsche Theorie die Messung des Sonnendurchmessers behandelt. Der genaueste und einwurffreieste Wert ergiebt sich zu 31′ 59, 26″ ± 0, 10. Periodische Schwankungen und solche säkularen Charakters sind bisher nicht feststellbar gewesen.

Das reichhaltige Buch wird auch für die Physik von anregendem Werte sein. Schade, dass keinerlei Inhalts- und Namensverzeichnis beigegeben wurde. H. Th. Simon.

(Eingegangen 8. September 1902.)

W. J. van Bebber, Anleitung zur Aufstellung von Wettervorhersagen. IV u. 38 Seiten. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1902. Preis M. 0,60.

Das kleine Buch enthält in gedrängter Übersicht allgemeinverständlich dargestellt das Verfahren der modernen synoptischen Meteorologie, mit Hilfe der täglichen 8 Uhr Beobachtungen des Beobachtungsnetzes Wetterkarten zu zeichnen und aus der dadurch charakterisierten Wetterlage eine Prognose auf den weiteren Verlauf der Witterungsvorgänge zu stellen. Es soll zu einer möglichst allgemeinen Verbreitung des Verständnisses in diesen Dingen, namentlich bei den Landwirten, beitragen und ist sowohl durch die vortreffliche Art der Darstellung, wie auch den überaus billigen Preis wohl geeignet, diese Aufgabe zu erfüllen. van Bebber ist auf dem Gebiete der synoptischen Meteorologie Klassiker und Vorkämpfer. Die vor zwei Jahren (1900) durchgeführte Reform der Wettertelegraphie des Seewartenetzes ist seinem Betreiben zu danken. Seitdem ist in Hamburg vor 9 Uhr das 8 Uhr-Witterungsmaterial von 49 europäischen Stationen bekannt; um 10 Uhr ist das Material von 35 aus diesen ausgewählten Stationen als erste (monatlich M. 20 kostende) Abonnementsdepesche allenthalben in Deutschland verteilt; gleichzeitig wird als zweite (M. 10 monatlich kostende) Abonnementsdepesche eine von der Seewarte gegebene Witterungsübersicht nebst allgemeiner Prognose versandt. Wir erfahren weiter, wie man das Depeschenmaterial zu Wetterkarten verarbeitet und was die Wetterkarte lehrt (Lehre von den Depressionen und Hochdruckgebieten.) Schliesslich giebt v. Bebber eine graphische wie tabellarische Charakteristik der von ihm aufgestellten 5 typischen europäischen Wetterlagen. Hat man die gegebene Wetterlage in diese Wettertypen untergebracht, so ergiebt sich die wahrscheinlichste Weiterentwicklung sowohl innerhalb des Typus selbst (Prognose auf den nächsten Tag) als auch in einen anderen der übrigen Typen (Prognose auf mehrere Tage voraus) aus der Tabelle. Natürlich muss persönliche und lokale Erfahrung das beste mit dazu thun, um die Treffsicherheit der Prognose zu erhöhen.

H. Th. Simon.

(Eingegangen 23. August 1902.)

R. Börnstein, Schul-Wetterkarten, 12 Wandkarten unter Benutzung der Typen von van Bebber und Tiesserence de Bort für Unterrichtszwecke zusammengestellt. Berlin, D. Reimer. 1902. Preis pro Karte M. 3,—.

Die vorliegende Karte, welche den Typus I nach v. Bebber zur Darstellung bringt, giebt in der Gestalt der täglichen Wetterkarten der deutschen Seewarte eine besonders charakteristische Darstellung der Luftdruckverteilung, wie sie stattfindet, wenn vom Ozean eine Depression herannaht, die uns im Sommer dadurch meist trübes Wetter bringt, dass das nordöstlich gelegene Maximum des Luftdruckes die Wetterlage noch beherrscht. Da die Karte in sehr grossem Massstab angefertigt ist, hat Luftdruck- und Temperatur-Verteilung auf einem grossen „Planiglobus" dargestellt werden müssen, was durch die Benutzung schwarzer und roter Kurven ermöglicht worden ist. Die Übersichtlichkeit hat kaum darunter gelitten. Es ist sehr zu begrüssen, dass mit der Herausgabe dieser Karten es leicht gemacht wird, schon ohne viele Mühe in der Schule die Gesetze zu erläutern, nach denen man heutigen Tages in der Lage ist, einige Schlüsse auf die voraussichtliche Witterung zu machen. Das Lesen und Verstehen der Wetterkarten, wie sie jetzt fast jede grössere Zeitung enthält, wird dadurch weit grösseren Kreisen des Volkes nahe gebracht. Es wird allerdings dabei vorauszusetzen sein, dass der die Karten interpretierende Lehrer sich bewusst ist, was eine solche Karte zu geben im stande ist und dass die darauf dargestellte allgemeine Wetterlage noch sehr die Kenntnis der lokalen Verhältnisse erfordert, wenn man auf Grund derselben eine „wahrscheinliche" Prognose aufstellen will. Vor allem dürfte dabei nie ausser acht gelassen werden, dass unsere Kenntnisse über die die Witterung beeinflussenden Vorgänge, namentlich in den höheren Schichten der Atmosphäre, noch recht lückenhaft sind. Wenn die übrigen Karten in gleich zweckmässiger Weise ausgeführt sind, wie die dem Ref. vorliegende, so wird durch deren verständige Demonstration in den höheren Klassen unserer Schulen eine sehr erfreuliche und wertvolle Kenntnis der das Wetter beeinflussenden Faktoren erzielt werden können.

L. A.

(Eingegangen 13. Oktober 1902.)

Fr. Rüdorff, Grundriss der Chemie. 12. Auflage, völlig neu bearbeitet von R. Lüpke. 532 Seiten mit 294 Holzschnitten und 2 Tafeln. Berlin, H. W. Müller. 1902. M. 5,—.

Das altbekannte Lehrbuch der Chemie von Rüdorff hat durch Lüpke eine vortreffliche Neubearbeitung erfahren, wodurch es zu den allerbesten Hilfsmitteln auf dem Gebiete des chemischen Unterrichts zu zählen sein dürfte. Die Umarbeitung hat allerdings Zeitmangels wegen den organischen Teil noch nicht berührt; der anorganische ist dagegen auf den doppelten Umfang angewachsen. In der That tritt die organische Chemie auf höheren Lehr-

anstalten ja auch naturgemäss in den Hintergrund. Das Buch giebt nicht allein über alle wichtigen experimentellen Hilfsmittel für den Unterricht Aufschluss, sondern nimmt auch auf die chemische Technik im grossen die weitgehendste Rücksicht. Dahin gehört ein Abschnitt über Beleuchtungswesen, über Keramik, über Sprengstoffe und über Photochemie und und anderes. Insbesondere sind metallurgische Prozesse, die Verhüttungen der Erze eingehend im modernen Sinne behandelt und gleichzeitig wird überall ein Ausblick auf den Welthandel, auf den Anteil der einzelnen Länder an der chemischen Grossindustrie gegeben.

Die theoretische Chemie ist nicht zu einem systematischen Ganzen vereinigt, sondern schliesst sich aus pädagogischen Gründen überall an die einzelnen Abschnitte der Experimentalchemie da an, wo sie naturgemäss hingehört. — Wir sind überzeugt, dass das Buch in seinem neuen Gewande sich bald überall Eingang verschaffen wird. O. Behrendsen.

(Eingegangen 3. August 1902.)

M. Wildermann, Jahrbuch der Naturwissenschaften 1901 bis 1902. 533 Seiten und 53 Abbildungen. Freiburg i. B. Herdersche Verlagshandlung. 1902. M. 6,—.

Das Wildermannsche Jahrbuch soll, ohne in einzelne Gebiete tiefer einzudringen, von den Fortschritten der gesamten Naturwissenschaften ein übersichtliches Bild geben.

Der Abschnitt über Physik ist vom Herausgeber selbst verfasst und bringt über Oberflächenspannung, Luftwiderstand, über einige Schallphänomene, wie z. B. über die singenden Flammen und die Flammentelephonie Simons, klar geschriebene Berichte. Weniger ist über Wärmelehre und die eigentliche Optik, dagegen ziemlich gründlich über die Grenzgebiete der Elektrizität und des Lichtes referiert. Hier handelt es sich besonders um Röntgen-Kathoden- und Becquerelstrahlen, auch werden die Versuche, das Nordlicht durch kosmische Kathodenstrahlen zu erklären, kurz gestreift. Der Abschnitt über Elektrizität bespricht die neuen Versuche Teslas, den Edisonakkumulator, die Fortschritte in der Schnell- und Funkentelegraphie. — Überall wird lieber das Gebrachte gründlich dargestellt, als Vielerlei oberflächlich gestreift. O. Behrendsen.

(Eingegangen 3. August 1902.)

W. Abendroth, Leitfaden der Physik mit Einschluss der einfachsten Lehren der mathematischen Geographie. I. Band, 3. Auflage. 221 Seiten mit 125 Figuren. Leipzig, S. Hirzel. 1902. M. 3,60.

Das sehr beachtungswerte Buch ist für die Gymnasien Sachsens bestimmt; der vorliegende Band umfasst das Pensum der Sekunda, Wärmelehre und Elektrizität.

Die mit Recht von dem Verfasser in der Vorrede hervorgehobenen Schwierigkeiten, welche der Umstand mit sich bringt, dass der Unterricht in der Mechanik erst viel später einsetzt, statt den beiden erwähnten Gebieten begründend voranzugehn, liessen sich am einfachsten durch eine Umlegung beseitigen. Der Verfasser fühlt sich indes genötigt, der Untersekunda einen Kursus zuzuweisen, der die wichtigsten Vorbegriffe, insbesondere aus der Mechanik und Chemie bringt. Zu bedauern ist, dass diese letztere Wissenschaft dabei recht sehr zu kurz kommt.

Das Werk ist recht inhaltsreich und klar und verständig geschrieben, so dass es wohl, wie es der Verfasser beabsichtigt, den Schüler zu selbständiger Lektüre anzuregen vermag. Mathematische Behandlungsweise fehlt zwar nicht ganz, tritt aber sehr in den Hintergrund; daher werden auch die absoluten elektrischen Masse nur empirisch abgeleitet und ihre Beziehungen zu den Gesetzen des Elektromagnetismus nicht klargelegt. Einer der wenigen in dieser Richtung gemachten Versuche, die Strommessung mit der Tangentenbussole, ist als gescheitert anzusehen, da der Verfasser (S. 90) in der Ableitung des Gesetzes die Stromstärke *S* beständig mit der magnetischen Kraft des Stromkreises verwechselt. Auch sonst kommen Flüchtigkeiten vor, so ist z. B. die Behauptung (S. 57), dass das Elektroskop sowohl Ladungen als Potentiale messe, doch etwas gewagt. Das Elektroskop misst immer nur Potentiale, aber aus den Potentialen kann man wohl auf die Ladung einen Rückschluss machen.

Das Buch würde noch erheblich gewinnen, wenn der Verfasser sich von einer grösseren Zahl antiquierter Dinge trennen wollte. Was soll in einem modernen Lehrbuche noch die ausführliche Behandlung der Voltasäule, der Coulombschen Drehwage, die doch als Schulapparat unbrauchbar ist. Was soll die elektrische Reibungsreihe, das Eiskalorimeter Lavoisiers, die alten magnet-elektrischen Maschinen und vieles andere, was eben nur noch aus historischen Gründen immer wieder mitgeschleppt wird.

O. Behrendsen.

(Eingegangen 3. August 1902.)

E. H. Griffiths, The thermal measurement of energy. Cambridge 1901. 135 S.

Die Vorlesungen, welche der Verfasser vor einem zum grossen Teil aus Lehrern der Naturwissenschaften bestehenden Zuhörerkreis über das mechanische Wärmeäquivalent und seine

Bestimmung gehalten hat, bilden den Inhalt des Buches. Dem entspricht auch die Darstellung und die nicht grossen an den Leser gestellten Voraussetzungen. Mathematische Formeln sind vermieden, doch ist die Behandlung eine vollkommen wissenschaftliche, und, wenn es das Verständnis erfordert, werden auch etwas eingehendere theoretische Überlegungen nicht vermieden. Der Schwerpunkt der Schrift liegt aber immer auf dem experimentellen Gebiet, auf der Beschreibung instruktiver einfach auszuführender Versuche, auf der sehr vollständigen Zusammenstellung der von den verschiedensten Forschern erhaltenen Werte des mechanischen Wärmeäquivalents und der ausführlichen Beschreibung der bei den wichtigsten derselben verwendeten Versuchsanordnungen. Besonders dankenswert ist die Gründlichkeit, mit welcher die Festlegung der Temperaturskala und der Wärmeeinheit behandelt wird. Als theoretische Temperaturskala wird die absolute Skala nach Lord Kelvin eingeführt, die ja die einzige exakte Methode zur Temperaturdefinition bildet; die dazu erforderliche Darlegung der Grundzüge der Carnotschen Betrachtungen ist gleichzeitig gründlich und gut verständlich. Gerade durch dieses Kapitel zeichnet sich das Buch vorteilhaft vor manchen anderen Darstellungen des Energiesatzes aus. Denn eine Behandlung dieses Satzes ohne Berücksichtigung des zweiten Hauptsatzes ist kaum weniger unvollständig wie das Umgekehrte. Ferner wird der Gang der spezifischen Wärme des Wassers mit der Temperatur, um dessen Ermittlung sich bekanntlich der Verfasser bei seiner Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents grosse Verdienste erworben hat, eingehend besprochen und durch Berücksichtigung desselben und der erforderlichen übrigen Korrekturen, die aus den zuverlässigeren neueren Messungen abgeleiteten Werte auf die gleiche Einheit reduziert. Als wahrscheinlichster Wert für das mechanische Wärmeäquivalent ergiebt sich $4.184 \cdot 10^7$ *Erg.* wobei der Grad des Wasserstoffthermometers als Temperaturmass und die Wärmekapazität des Wassers zwischen 17^0 und 18^0 als Wärmeeinheit dient. Die Darstellung ist immer klar und anregend. Mit einem Teil des Buches kann man sich jedoch unmöglich befreunden, nämlich mit der historischen Einleitung. Es wird hier mit der Behauptung Taits begonnen, die ausserhalb Englands wohl keinen Verteidiger haben dürfte, der Energiesatz sei eigentlich von Newton entdeckt und in seinem Prinzip der Aktion und Reaktion enthalten; J. R. Mayer wird mit einigen meistens abfälligen Bemerkungen erwähnt, er kann nach dem Verfasser aber schon deshalb nicht als Entdecker des Energiesatzes gelten, weil er die Auffassung, dass die Wärme eine Form der Bewegung sei, nicht teilte. Von anderen Seiten wird doch umgekehrt gerade die Unabhängigkeit Mayers von mechanischen Hypothesen als ein besonderer Vorzug, als Zeichen eines freien Standpunkts hervorgehoben. Der Name Helmholtz kommt in dem Buche nicht vor. Für die Geschichte des Energiesatzes hat sich der Verfasser, wie es scheint, nur an die von Tait herrührende und in verschiedene englische Lehrbücher übergegangene Darstellung gehalten, deren Mangel an Objektivität genügend bekannt ist. Wenn auch die historischen Bemerkungen keinen wesentlichen Teil des Buches bilden, so ist doch zu bedauern, dass sie nicht mit der gleichen Sorgfalt bearbeitet sind, wie der übrige Inhalt des Buches, umsomehr als dasselbe bestimmt ist, das Verständnis für den Energiesatz in weitere Kreise zu tragen und hierfür auch sehr geeignet ist. V. Rothmund.

(Eingegangen 10. August 1902.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt wurden: Dr. Schumann vom geodät. Institut in Potsdam zum etatsmässigen Professor an der Technischen Hochschule Aachen, Benefiziat Weber bei St. Peter in München zum a. o. Professor für Physik und Mathematik am Lyceum Dillingen, Assistent Vanino zum Adjunkt am chemischen Laboratorium der Universität München, der o. Professor der Physik an der deutschen Technischen Hochschule in Prag, Dr. J. Puluj zum o. Professor der Elektrotechnik.

An der Universität Göttingen wurde ein Institut für anorganische Chemie gegründet und als deren Leiter Professor Tamman-Dorpat berufen, der den Ruf auch angenommen hat.

Der Professor der Physik und Mathematik am Lyceum Freising Heel ist in den Ruhestand getreten; an seine Stelle wurde der Professor der Physik und Mathematik am Lyceum Dillingen Mayer auf Ansuchen nach Freising versetzt.

An der technischen Hochschule Darmstadt habilitierte sich Ingenieur Feldmann-Köln als Dozent der Elektrotechnik mit einer Vorlesung über „Die Anforderungen der heutigen Praxis an die Ausbildung des Elektro-Ingenieurs".

Der Direktor des physikalischen Instituts Giessen, Professor Dr. Paul Drude, hat den an ihn ergangenen Ruf an die Universität Leipzig abgelehnt.

Ernannt wurden der o. Professor der Chemie Salkowski und der o. Professor der Mathematik Killing, beide an der Universität Münster, zu Geh. Reg.-Räten, der o. Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule Wien Czuber zum Hofrat.

Gestorben ist der Professor der Physik an der Columbia-Universität in New York, Ogden Nicolas Rood; ferner der Professor für Physik und Meteorologie am Forstinstitut St. Petersburg, D. Latschinow, 59 Jahre alt.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.